

JP200332218

PUB DATE: 2003-01-31

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

US20040009783

PUB DATE: 2004-01-15

APPLICANT: Miyoshi, Kenichi; (Kanagawa, JP)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-032218

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

---

(51)Int.Cl. H04J 11/00

H04B 7/26

H04J 13/04

---

(21)Application number : 2001-214545

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 13.07.2001

(72)Inventor : MIYOSHI KENICHI

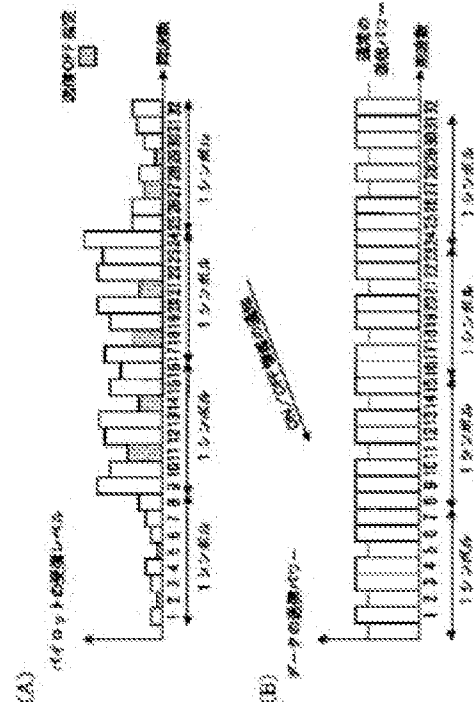
---

(54) MULTI-CARRIER TRANSMITTER, MULTI-CARRIER RECEIVER, AND MULTI-CARRIER RADIO COMMUNICATION METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a sub-carrier transmission ON/OFF control system, capable of improving information in transmission efficiency and reception performance, keeping the number of transmission bits constant in an MC-CDMA system, and to realize a sub-carrier transmission power control system capable of improving information in transmission efficiency and reception performance, in an MC-CDMA system or in an OFDM system.

**SOLUTION:** In an MC-CDMA system, a sub-carrier, to which transmission power, is not allotted because it is low in reception quality is not transmitted (transmission OFF), a transmission power for the sub-carrier is allotted to another sub-carrier to which a transmission power is allotted (transmission ON), and the sub-carrier is transmitted (sub-carrier transmission ON/OFF control). In an MC-CDMA system or an OFDM system, sub-carriers are increased or decreased in transmission power proportional to their reception levels on a reception side (sub-carrier inverse transmission power control).



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-32218

(P2003-32218A)

(43)公開日 平成15年1月31日(2003.1.31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 B 7/26	1 0 2	H 0 4 B 7/26	1 0 2 5 K 0 6 7
H 0 4 J 13/04		H 0 4 J 13/00	G

審査請求 有 請求項の数44 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2001-214545(P2001-214545)

(22)出願日 平成13年7月13日(2001.7.13)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 三好 憲一

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1  
号 松下通信工業株式会社内

(74)代理人 100105050

弁理士 鷲田 公一

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD21 DD31 EE01 EE21  
EE31

5K067 AA13 AA23 CC10 DD44 DD45

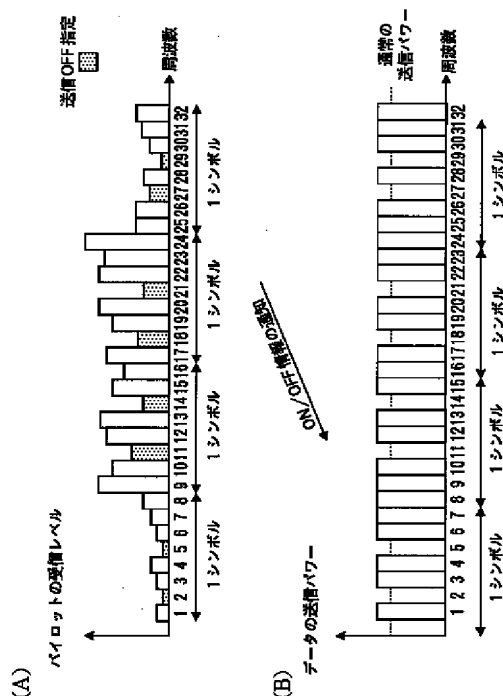
EE02 EE10 GG09

(54)【発明の名称】 マルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置、およびマルチキャリア無線通信方法

(57)【要約】

【課題】 MC-CDMA方式において、送信ビット数を保ちつつ、情報の伝送効率と受信性能を向上できるサブキャリア送信ON/OFF制御方式を実現すること。また、MC-CDMA方式またはOFDM方式において、情報の伝送効率と受信性能を向上できるサブキャリア送信電力制御方式を実現すること。

【解決手段】 MC-CDMA方式において、受信品質が低く送信電力割り当てのないサブキャリアの送信を行わず(送信OFF)、その分の送信電力を送信電力割り当てのある(送信ON)サブキャリアに割り当てて送信を行う(サブキャリア送信ON/OFF制御)。また、MC-CDMA方式またはOFDM方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力を大きくして送信を行い、受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力を小さくして送信を行う(サブキャリア逆送信電力制御)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周波数軸方向に拡散を行って無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された割り当て有無情報を基に、送信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当てる割り当て手段と、を有することを特徴とするマルチキャリア送信装置。

【請求項 2】 前記割り当て手段は、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行うことを特徴とする請求項 1 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 3】 送信電力割り当てのないサブキャリアは、各シンボルを所定の拡散率（N）で周波数軸方向に拡散して得られる拡散率と同数（N）のチップの信号がそれぞれ割り当てられたサブキャリアのうち、シンボルごとに相対的に受信品質が低いあらかじめ設定された数（P）のサブキャリアであり、送信電力割り当てのあるサブキャリアの送信電力は  $N / (N - P)$  倍されて送信されることを特徴とする請求項 1 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 4】 1 シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数（P）は、適応的に変更可能であることを特徴とする請求項 3 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 5】 1 シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数（P）は、下記の式を満たす値に設定される、 $2^{(N-P-1)} \geq N$

ことを特徴とする請求項 3 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 6】 前記取得手段は、受信側で推定されたサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を受信する受信手段と、前記受信手段によって受信された受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定手段と、を有することを特徴とする請求項 1 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 7】 前記取得手段は、受信側で決定された前記割り当て有無情報を受信する受信手段、を有することを特徴とする請求項 1 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 8】 前記取得手段は、受信信号の遅延プロファイルを推定する第 1 推定手段と、前記第 1 推定手段によって推定された遅延プロファイルを用いてサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する第 2 推定手段と、

前記第 2 推定手段によって推定された受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定手段と、を有することを特徴とする請求項 1 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 9】 請求項 6 記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された受信品質情報を送信する送信手段と、を有することを特徴とするマルチキャリア受信装置。

【請求項 10】 請求項 7 記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された受信品質情報を基に、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を決定する決定手段と、前記決定手段によって決定された割り当て有無情報を送信する送信手段と、を有することを特徴とするマルチキャリア受信装置。

【請求項 11】 請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 12】 請求項 9 または請求項 10 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 13】 請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 14】 請求項 9 または請求項 10 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 15】 周波数軸方向に拡散を行って無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を取得する取得ステップと、前記取得ステップで取得した割り当て有無情報を基に、送信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当てる割り当てステップと、を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 16】 前記割り当てステップは、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行うことを特徴とする請求項 15 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 17】 送信電力割り当てのないサブキャリアは、各シンボルを所定の拡散率（N）で周波数軸方向に

10

20

30

40

50

拡散して得られる拡散率と同数 (N) のチップの信号がそれぞれ割り当てられたサブキャリアのうち、シンボルごとに相対的に受信品質が低いあらかじめ設定された数 (P) のサブキャリアであり、送信電力割り当てのあるサブキャリアの送信電力は  $N / (N - P)$  倍されて送信されることを特徴とする請求項 15 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 18】 1 シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数 (P) は、適応的に変更可能であることを特徴とする請求項 17 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 19】 1 シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数 (P) は、下記の式を満たす値に設定される、  
 $2^{(N-P-1)} \geq N$

ことを特徴とする請求項 17 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 20】 前記取得ステップは、受信側で推定されたサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を受信する受信ステップと、前記受信ステップで受信した受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定ステップと、を有することを特徴とする請求項 15 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 21】 前記取得ステップは、受信側で決定された前記割り当て有無情報を受信する受信ステップ、を有することを特徴とする請求項 15 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 22】 前記取得ステップは、受信信号の遅延プロファイルを推定する第 1 推定ステップと、前記第 1 推定ステップで推定した遅延プロファイルを用いてサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する第 2 推定ステップと、前記第 2 推定ステップで推定した受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定ステップと、を有することを特徴とする請求項 15 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 23】 請求項 20 記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定ステップと、前記推定ステップで推定した受信品質情報を送信する送信ステップと、を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 24】 請求項 21 記載のマルチキャリア無線

10

20

30

40

50

通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定ステップと、前記推定ステップで推定した受信品質情報を基に、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を決定する決定ステップと、前記決定ステップで決定した割り当て有無情報を送信する送信ステップと、を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 25】 周波数軸方向に拡散を行って無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御手段と、を有することを特徴とするマルチキャリア送信装置。

【請求項 26】 前記制御手段は、1 シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うことを特徴とする請求項 25 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 27】 請求項 25 記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出手段と、前記検出手段によって検出された受信品質情報を送信する送信手段と、を有することを特徴とするマルチキャリア受信装置。

【請求項 28】 請求項 25 または請求項 26 記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 29】 請求項 27 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 30】 請求項 25 または請求項 26 記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 31】 請求項 27 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 32】 周波数軸方向に拡散を行って無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得ステップと、前記取得ステップで取得した受信レベル情報を基に、受

信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御ステップと、  
を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 33】 前記制御ステップは、1 シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うことを特徴とする請求項 32 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 34】 請求項 32 記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、  
各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出ステップと、  
前記検出ステップで検出した受信品質情報を送信する送信ステップと、  
を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 35】 OFDM 方式により無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、  
受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得手段と、  
前記取得手段によって取得された受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御手段と、  
を有することを特徴とするマルチキャリア送信装置。

【請求項 36】 前記制御手段は、1 シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うことを特徴とする請求項 35 記載のマルチキャリア送信装置。

【請求項 37】 請求項 35 記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、  
各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出手段と、  
前記検出手段によって検出された受信品質情報を送信する送信手段と、  
を有することを特徴とするマルチキャリア受信装置。

【請求項 38】 請求項 35 または請求項 36 記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 39】 請求項 37 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 40】 請求項 35 または請求項 36 記載のマルチキャリア送信装置を有することを特徴とする移動局装置。

【請求項 41】 請求項 37 記載のマルチキャリア受信装置を有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 42】 OFDM 方式により無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、  
受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得ステップと、  
前記取得ステップで取得した受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御ステップと、  
を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 43】 前記制御ステップは、1 シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うことを特徴とする請求項 42 記載のマルチキャリア無線通信方法。

【請求項 44】 請求項 42 記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、  
各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出ステップと、  
前記検出ステップで検出した受信品質情報を送信する送信ステップと、  
を有することを特徴とするマルチキャリア無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、送受信装置に関し、特に、マルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置、およびマルチキャリア無線通信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、無線通信、特に移動体通信では、音声以外に画像やデータなどの様々な情報が伝送の対象になっている。今後は、多様なコンテンツの伝送に対する需要がますます高くなることが予想されるため、高信頼かつ高速な伝送に対する必要性がさらに高まるであろうと予想される。しかしながら、移動体通信において高速伝送を行う場合、マルチパスによる遅延波の影響が無視できなくなり、周波数選択性フェージングにより伝送特性が劣化する。

【0003】周波数選択性フェージング対策技術の一つとして、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式などのマルチキャリア (MC) 変調方式が注目されている。マルチキャリア変調方式は、周波数選択性フェージングが発生しない程度に伝送速度が抑えられた複数の搬送波 (サブキャリア) を用いてデータを伝送することにより、結果的に高速伝送を行う技術で

10

20

30

40

50

ある。特に、OFDM方式は、データが配置される複数のサブキャリアが相互に直交しているため、マルチキャリア変調方式の中で最も周波数利用効率が高い方式であり、また、比較的簡単なハードウェア構成で実現できることから、とりわけ注目されており、様々な検討が加えられている。

【0004】そのような検討の一例として、たとえば、吉識、三瓶、森永：「OFDMサブキャリア適応変調システムにおけるマルチレベル送信電力制御適用時の特性」、信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE, SSE2000-71, RCS2000-60(2000-07), pp.63-68や、前田、三瓶、森永：「OFDM/FDDシステムにおける遅延プロファイル情報チャネルを用いたサブキャリア送信電力制御方式の特性」、電子情報通信学会論文誌, B, Vol. J84-B, No.2, pp.205-213 (2001年2月)に記載されたものがある。

【0005】ここでは、基地局は、たとえば、図8に示すように、サブキャリアごとの受信状況が一定になるように送信電力を制御することで、受信機感度の向上を図っている（以下「従来方式1」という）。さらには、たとえば、図9に示すように、サブキャリア送信電力制御を行う際に、受信品質が低いサブキャリアでの送信を行わないように制御して、送信電力の低減を図っている（以下「従来方式2」という）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来方式1および従来方式2においては、次のような問題がある。

【0007】まず、従来方式1では、伝搬路において電力が低下するサブキャリアには送信時に大きなエネルギーを与え、伝播路において電力が上昇するサブキャリアには送信時に小さなエネルギーを与えるため（図8参照）、効率が悪く、受信性能の向上には一定の限界がある。

【0008】また、特に従来方式1では、サブキャリアごとに送信電力制御を行っているため、QAMなどの多値変調を行う場合には、サブキャリアごとに送信信号の基準レベルを送信する必要がある。

【0009】一方、従来方式2では、受信情報を復調するために、送信を行わない（つまり、送信電力を割り当てない）サブキャリアの位置情報を基地局から移動局に別途送信する必要がある。情報の伝送に使用されない比較的大きな送信電力が必要となる。また、このように送信電力が比較的大きいため、その信号が他のセルとの干渉を招いてしまうおそれがある。

【0010】また、従来方式2では、送信を行わないサブキャリアが存在する場合、送信できるビット数が減少してしまい、情報が正しく伝送されないおそれがある。たとえば、図9（B）に示すサブキャリア#1～#7の部分Rについては、送信キャリア数が少なすぎるため、

正しく復調することができない。なお、これを改善するために、従来方式2では、バンクチャを行うことで送信ビットを減らしているが、バンクチャを行うと符号化率が高くなるため、誤り訂正能力は低下してしまう。

【0011】また、従来方式2では、受信品質が低いサブキャリアの送信をOFFするため、総送信電力が減少してしまい、情報伝送の効率が低下してしまう。

【0012】また、最近、より高速な伝送を実現するためのアクセス方式として、OFDM方式とCDMA（Code Division Multiple Access）方式を組み合わせた方式（MC（マルチキャリア）-CDMA方式ともOFDM-CDMA方式とも呼ばれるが、ここでは「MC-CDMA方式」と呼ぶことにする）が特に注目されている。ここで、CDMA方式は、周波数選択性フェージング対策の別の技術であるスペクトル拡散方式の一つであって、各ユーザの情報を各ユーザに固有の拡散符号で周波数軸上に直接拡散して拡散利得を得ることによって耐干渉性を高める技術である。なお、MC-CDMA方式については、後で詳述する。

【0013】このMC-CDMA方式に、たとえば、上記の従来方式2を単純に適用した場合、さらに、次のような問題がある。

【0014】すなわち、従来方式2では、すべてのサブキャリアの中から送信を行わないサブキャリアが選択されるため、MC-CDMA方式においてあるシンボルの拡散チップがすべて送信OFFされてしまうと、そのシンボルは完全に送信されなくなってしまう、性能が劣化する。

【0015】また、MC-CDMA方式において単純に送信OFF制御を行うと、拡散コードが多重されている送信信号の直交性が完全にくずれて、別の拡散コードで送信している信号が全く同じ信号波形になってしまい、受信側でそれらを分離することができなくなってしまう。

【0016】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、MC-CDMA方式において、送信ビット数を保ちつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア送信ON/OFF制御方式のマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置、およびマルチキャリア無線通信方法を提供することを目的とする。

【0017】また、本発明は、MC-CDMA方式において、情報の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア送信電力制御方式のマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置、およびマルチキャリア無線通信方法を提供することを目的とする。

【0018】また、本発明は、OFDM方式において、情報の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア送信電力制御方式のマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置、およびマルチキャリア無



線通信方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】(1) 本発明のマルチキャリア送信装置は、周波数軸方向に拡散を行って(たとえば、MC-CDMA方式により)無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された割り当て有無情報を基に、送信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当てする割り当て手段と、を有する構成を採る。

【0020】この構成によれば、たとえば、MC-CDMA方式において、送信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当てする、たとえば、受信品質が低いサブキャリアの送信を行わず(送信OFF)、その分の送信電力を受信品質が高い他のサブキャリアに割り当てて送信するため、情報の伝送効率を向上することができる。しかも、このとき、受信側では逆拡散を行うため、送信を行わないサブキャリアの位置情報は不要となる。

【0021】(2) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記割り当て手段は、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行う構成を採る。

【0022】この構成によれば、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行うため、情報の伝送効率の低下を回避することができる。

【0023】(3) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、送信電力割り当てのないサブキャリアは、各シンボルを所定の拡散率(N)で周波数軸方向に拡散して得られる拡散率と同数(N)のチップの信号がそれぞれ割り当てられたサブキャリアのうち、シンボルごとに相対的に受信品質が低いあらかじめ設定された数(P)のサブキャリアであり、送信電力割り当てのあるサブキャリアの送信電力は $N/(N-P)$ 倍されて送信される構成を採る。

【0024】この構成によれば、各シンボルに対して、必ず(N-P)本のサブキャリアは送信されるため、完全に送信OFFされるシンボルをなくことができ、送信ビット数を保ちながら、効率的に情報伝送を行うことができる。このとき、1シンボル当たりの送信される各サブキャリアの送信電力は、たとえば、均等に配分された場合、通常の $N/(N-P)$ 倍になる。

【0025】(4) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、1シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数(P)は、適応的に変更可能である構成を採る。

【0026】この構成によれば、1シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数(P)を伝搬環境

に応じて最適な値に設定することができる。また、受信側で割り当て有無情報を決定する場合において上記P値を送信側から受信側に送信するときは、受信側は、送信されたサブキャリアの電力が $N/(N-P)$ 倍されていることを認識できるので、たとえば、QAM復調のための基準レベルを認識することができるため、QAM復調を行うことができる。

【0027】(5) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、1シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数(P)は、下記の式、 $2^{(N-P-1)} \geq N$

を満たす値に設定される、構成を採る。

【0028】この構成によれば、(N-P)本のサブキャリアでN種類以上の拡散コードの組み合わせを取ることができるため、異なる拡散コードで拡散した信号が同じ波形になることが回避され、受信側では異なる拡散コードの信号を必ず分離することができる。

【0029】(6) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記取得手段は、受信側で推定されたサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を受信する受信手段と、前記受信手段によって受信された受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定手段と、を有する構成を採る。

【0030】この構成によれば、送信側において割り当て有無情報を決定することができ、受信側での演算量を低減することができる。

【0031】(7) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記取得手段は、受信側で決定された前記割り当て有無情報を受信する受信手段、を有する構成を採る。

【0032】この構成によれば、受信側において割り当て有無情報を決定することができ、割り当て有無情報はサブキャリアごとの受信品質情報よりも情報量が少ないため、受信側から送信側への情報量を低減することができる。

【0033】(8) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記取得手段は、受信信号の遅延プロファイルを推定する第1推定手段と、前記第1推定手段によって推定された遅延プロファイルを用いてサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する第2推定手段と、前記第2推定手段によって推定された受信品質情報を基に、前記割り当て有無情報を決定する決定手段と、を有する構成を採る。

【0034】この構成によれば、上りと下りとで遅延プロファイルがほぼ同じであることを利用して、送信ON/OFF制御のためのサブキャリアごとの受信品質情報を推定するため、受信側から送信側へのフィードバック信号(割り当て有無情報またはサブキャリアごとの受信品質情報)が不要になり、送信側だけで割り当て有無情報を決定することができる。

【0035】(9) 本発明のマルチキャリア受信装置は、上記(6)記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された受信品質情報を送信する送信手段と、を有する構成を採る。

【0036】この構成によれば、送信側でサブキャリアごとの受信品質情報を基に割り当て有無情報を決定することができ、受信側での演算量を低減することができる。

【0037】(10) 本発明のマルチキャリア受信装置は、上記(7)記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された受信品質情報を基に、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を決定する決定手段と、前記決定手段によって決定された割り当て有無情報を送信する送信手段と、を有する構成を採る。

【0038】この構成によれば、割り当て有無情報はサブキャリアごとの受信品質情報よりも情報量が少ないところ、受信側で割り当て有無情報を決定するため、受信側から送信側への情報量を低減することができる。

【0039】(11) 本発明の基地局装置は、上記(1)～(8)のいずれかに記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0040】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0041】(12) 本発明の移動局装置は、上記(9)または(10)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0042】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0043】(13) 本発明の移動局装置は、上記(1)～(8)のいずれかに記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0044】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0045】(14) 本発明の基地局装置は、上記(9)または(10)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0046】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0047】(15) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、周波数軸方向に拡散を行って(たとえば、MC-CDMA方式により)無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当て有無情報を取得する取得ステップと、前記取得ステップで取得した割り当て有無情報を基に、送

信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当てて割り当てステップと、を有するようにした。

【0048】この方法によれば、たとえば、MC-CDMA方式において、送信電力割り当てのないサブキャリア分の送信電力を送信電力の割り当てのあるサブキャリアに割り当て、たとえば、受信品質が低いサブキャリアの送信を行わず(送信OFF)、その分の送信電力を受信品質が高い他のサブキャリアに割り当てて送信するため、情報の伝送効率を向上することができる。しかも、このとき、受信側では逆拡散を行うため、送信を行わないサブキャリアの位置情報は不要となる。

【0049】(16) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記割り当てステップは、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行うようにした。

【0050】この方法によれば、データの総送信電力が一定になるように前記割り当てを行うため、情報の伝送効率の低下を回避することができる。

【0051】(17) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、送信電力割り当てのないサブキャリアは、各シンボルを所定の拡散率(N)で周波数軸方向に拡散して得られる拡散率と同数(N)のチップの信号がそれぞれ割り当てられたサブキャリアのうち、シンボルごとに相対的に受信品質が低いあらかじめ設定された数(P)のサブキャリアであり、送信電力割り当てのあるサブキャリアの送信電力は $N/(N-P)$ 倍されて送信されるようにした。

【0052】この方法によれば、各シンボルに対して、必ず(N-P)本のサブキャリアは送信されるため、完全に送信OFFされるシンボルをなくすことができ、送信ビット数を保ちながら、効率的に情報伝送を行うことができる。このとき、1シンボル当たりの送信される各サブキャリアの送信電力は、たとえば、均等に配分された場合、通常の $N/(N-P)$ 倍になる。

【0053】(18) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、1シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数(P)は、適応的に変更可能であるようにした。

【0054】この方法によれば、1シンボル当たりの送信電力割り当てのないサブキャリア数(P)を伝搬環境に応じて最適な値に設定することができる。また、受信側で割り当て有無情報を決定する場合において上記P値を送信側から受信側に送信するときは、受信側は、送信されたサブキャリアの電力が $N/(N-P)$ 倍されていることを認識できるので、たとえば、QAM復調のための基準レベルを認識することができるため、QAM復調を行うことができる。

【0055】(19) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、1シンボル当たりの送信

電力割り当てのないサブキャリア数（P）は、下記の式、

$$2^{(N-P-1)} \geq N$$

を満たす値に設定される、ようにした。

【0056】この方法によれば、（N-P）本のサブキャリアでN種類以上の拡散コードの組み合わせを取ることができるため、異なる拡散コードで拡散した信号が同じ波形になることが回避され、受信側では異なる拡散コードの信号を必ず分離することができる。

【0057】（20）本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記取得ステップは、受信側で推定されたサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を受信する受信ステップと、前記受信ステップで受信した受信品質情報を基に、前記割り当ての有無情報を決定する決定ステップと、を有するようにした。

【0058】この方法によれば、送信側において割り当ての有無情報を決定することができ、受信側での演算量を低減することができる。

【0059】（21）本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記取得ステップは、受信側で決定された前記割り当ての有無情報を受信する受信ステップ、を有するようにした。

【0060】この方法によれば、受信側において割り当ての有無情報を決定することができ、割り当ての有無情報はサブキャリアごとの受信品質情報よりも情報量が少ないため、受信側から送信側への情報量を低減することができる。

【0061】（22）本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記取得ステップは、受信信号の遅延プロファイルを推定する第1推定ステップと、前記第1推定ステップで推定した遅延プロファイルを用いてサブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する第2推定ステップと、前記第2推定ステップで推定した受信品質情報を基に、前記割り当ての有無情報を決定する決定ステップと、を有するようにした。

【0062】この方法によれば、上りと下りとで遅延プロファイルがほぼ同じであることを利用して、送信ON/OFF制御のためのサブキャリアごとの受信品質情報を推定するため、受信側から送信側へのフィードバック信号（割り当ての有無情報またはサブキャリアごとの受信品質情報）が不要になり、送信側だけで割り当ての有無情報を決定することができる。

【0063】（23）本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記（20）記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定ステップと、前記推定ステップで推定した受信品質情報を送信する送信ステップと、を有するようにした。

【0064】この方法によれば、送信側でサブキャリアごとの受信品質情報を基に割り当ての有無情報を決定することができ、受信側での演算量を低減することができる。

【0065】（24）本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記（21）記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、サブキャリアごとの受信品質に関する受信品質情報を推定する推定ステップと、前記推定ステップで推定した受信品質情報を基に、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する割り当ての有無情報を決定する決定ステップと、前記決定ステップで決定した割り当ての有無情報を送信する送信ステップと、を有するようにした。

【0066】この方法によれば、割り当ての有無情報はサブキャリアごとの受信品質情報よりも情報量が少ないところ、受信側で割り当ての有無情報を決定するため、受信側から送信側への情報量を低減することができる。

【0067】（25）本発明のマルチキャリア送信装置は、周波数軸方向に拡散を行って（たとえば、MC-CDMA方式により）無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御手段と、を有する構成を採る。

【0068】この構成によれば、たとえば、MC-CDMA方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど大きい送信電力で送信し、受信レベルが低いサブキャリアほど小さい送信電力で送信するため、伝搬路において信号を効率的に増幅させて信号を受信することができ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0069】（26）本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記制御手段は、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行う構成を採る。

【0070】この構成によれば、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うため、1シンボル当たりの総送信電力を通常と同じに制御しつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0071】（27）本発明のマルチキャリア受信装置は、上記（25）記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する

検出手段と、前記検出手段によって検出された受信品質情報を送信する送信手段と、を有する構成を採る。

【0072】この構成によれば、送信側でのサブキャリア送信電力制御に必要な各サブキャリアの受信レベル情報を受信側で検出して送信側に提供することができる。

【0073】(28) 本発明の基地局装置は、上記(25)または(26)記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0074】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0075】(29) 本発明の移動局装置は、上記(27)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0076】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0077】(30) 本発明の移動局装置は、上記(25)または(26)記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0078】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0079】(31) 本発明の基地局装置は、上記(27)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0080】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0081】(32) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、周波数軸方向に拡散を行って(たとえば、MC-CDMA方式により)無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得ステップと、前記取得ステップで取得した受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御ステップと、を有するようにした。

【0082】この方法によれば、たとえば、MC-CDMA方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど大きい送信電力で送信し、受信レベルが低いサブキャリアほど小さい送信電力で送信するため、伝搬路において信号を効率的に増幅させて信号を受信することができ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0083】(33) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記制御ステップは、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うようにした。

【0084】この方法によれば、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前

記サブキャリア送信電力制御を行うため、1シンボル当たりの総送信電力を通常と同じに制御しつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0085】(34) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記(32)記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出ステップと、前記検出ステップで検出した受信品質情報を送信する送信ステップと、を有するようにした。

【0086】この方法によれば、MC-CDMA方式において、送信側でのサブキャリア送信電力制御に必要な各サブキャリアの受信レベル情報を受信側で検出して送信側に提供することができる。

【0087】(35) 本発明のマルチキャリア送信装置は、OFDM方式により無線通信を行うマルチキャリア送信装置であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御手段と、を有する構成を採る。

【0088】この構成によれば、OFDM方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど大きい送信電力で送信し、受信レベルが低いサブキャリアほど小さい送信電力で送信するため、伝搬路において信号を効率的に増幅させて信号を受信することができ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0089】(36) 本発明のマルチキャリア送信装置は、上記の構成において、前記制御手段は、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行う構成を採る。

【0090】この構成によれば、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うため、1シンボル当たりの総送信電力を通常と同じに制御しつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0091】(37) 本発明のマルチキャリア受信装置は、上記(35)記載のマルチキャリア送信装置と無線通信を行うマルチキャリア受信装置であって、各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出手段と、前記検出手段によって検出された受信品質情報を送信する送信手段と、を有する構成を採る。

【0092】この構成によれば、送信側でのサブキャリア送信電力制御に必要な各サブキャリアの受信レベル情報を受信側で検出して送信側に提供することができる。

10

20

30

40

50

【0093】(38) 本発明の基地局装置は、上記(35)または(36)記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0094】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0095】(39) 本発明の移動局装置は、上記(37)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0096】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0097】(40) 本発明の移動局装置は、上記(35)または(36)記載のマルチキャリア送信装置を有する構成を採る。

【0098】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する移動局装置を提供することができる。

【0099】(41) 本発明の基地局装置は、上記(37)記載のマルチキャリア受信装置を有する構成を採る。

【0100】この構成によれば、上記と同様の作用効果を有する基地局装置を提供することができる。

【0101】(42) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、OFDM方式により無線通信を行うマルチキャリア送信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、受信側での各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を取得する取得ステップと、前記取得ステップで取得した受信レベル情報を基に、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力が大きく受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力が小さくなるように、各サブキャリアの送信電力を制御する制御ステップと、を有するようにした。

【0102】この方法によれば、OFDM方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど大きい送信電力で送信し、受信レベルが低いサブキャリアほど小さい送信電力で送信するため、伝搬路において信号を効率的に増幅させて信号を受信することができ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0103】(43) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記の方法において、前記制御ステップは、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うようにした。

【0104】この方法によれば、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように前記サブキャリア送信電力制御を行うため、1シンボル当たりの総送信電力を通常と同じに制御しつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0105】(44) 本発明のマルチキャリア無線通信方法は、上記(42)記載のマルチキャリア無線通信方法を使用するマルチキャリア送信装置と無線通信を行う

マルチキャリア受信装置におけるマルチキャリア無線通信方法であって、各サブキャリアの受信レベルに関する受信レベル情報を検出する検出ステップと、前記検出ステップで検出した受信品質情報を送信する送信ステップと、を有するようにした。

【0106】この方法によれば、OFDM方式において、送信側でのサブキャリア送信電力制御に必要な各サブキャリアの受信レベル情報を受信側で検出して送信側に提供することができる。

10 【0107】

【発明の実施の形態】本発明の骨子は、MC-CDMA方式において、受信品質が低く送信電力割り当てのないサブキャリアの送信を行わず(送信OFF)、その分の送信電力を送信電力割り当てのある(送信ON)サブキャリアに割り当てて送信を行うことである(サブキャリア送信ON/OFF制御)。また、MC-CDMA方式またはOFDM方式において、受信側での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力を大きくして送信を行い、受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力を小さくして送信を行うことである(サブキャリア逆送信電力制御)。

20 【0108】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0109】(実施の形態1) 図1は、本発明の実施の形態1に係るマルチキャリア送信装置およびマルチキャリア受信装置の各構成を示すブロック図である。

【0110】図1に示すマルチキャリア送信装置(以下単に「送信機」という)100は、拡散部102、シリアル/パラレル変換(S/P)部104、送信制御部106、パワー制御部108、逆高速フーリエ変換(IFFT)部110、パラレル/シリアル変換(P/S)部112、ガードインターバル(GI)挿入部114、送信RF部116、送受信共用アンテナ118、受信RF部120、ON/OFF情報取り出し部122、およびキャリア選択部124を有する。送信機100は、たとえば、移動体通信システムにおける基地局に搭載されている。

【0111】また、図1に示すマルチキャリア受信装置(以下単に「受信機」という)200は、送受信共用アンテナ202、受信RF部204、ガードインターバル(GI)除去部206、シリアル/パラレル変換(S/P)部208、高速フーリエ変換(FFT)部210、チャネル補償部212、パラレル/シリアル変換(P/S)部214、逆拡散部216、受信電力検出部218、ON/OFF情報生成部220、および送信RF部222を有する。受信機200は、たとえば、移動体通信システムにおける移動局装置に搭載されている。

【0112】送信機100および受信機200によって、たとえば、MC-CDMA方式の送受信機が構成される。

【0113】ここで、MC-CDMA方式の内容について、図2および図3を用いて説明する。

【0114】MC-CDMA方式では、信号を複数（たとえば、512本）の搬送波（サブキャリア）に分配して送信する。具体的には、送信信号は、まず、拡散符号により周波数軸方向に拡散され、コード多重される。コード多重された信号は、サブキャリア数分の並列信号にシリアル／パラレル変換される。図2は、送信されるOFDM信号の状態を示している（ $n$ はサブキャリア数）。同図中、「1」はガードインターバル、「3」はチップ、「5」はOFDMシンボルである。図2の例では、4シンボルのデータが $n$ 倍拡散されて送信されている。各シンボルは周波数軸方向の $n$ チップに拡散されている。なお、サブキャリア数と拡散コード数とは必ずしも一致する必要はない。また、図示しないが、OFDM信号には、サブキャリアごとにパイロット信号（既知信号）が配置されている。

【0115】また、MC-CDMA方式では、各サブキャリアは、直交信号になるようにOFDM変調される。シリアル／パラレル変換後の並列信号は、IFFT処理を経て送信される。IFFT処理により、OFDM信号は、図3に示すように、各サブキャリア間で信号が直交した状態を保つことができる。ここで、信号が直交するとは、あるサブキャリアの信号のスペクトルが他の周波数の信号に影響を与えないことを意味する。OFDM変調を行う際は、OFDMシンボルにガードインターバルを挿入する。ガードインターバルの挿入により、ガードインターバル長よりも短い遅延波しか存在しない場合、直交性を保つことが可能になる。

【0116】次いで、上記構成を有する送信機100および受信機200の動作について、図4を用いて説明する。図4は、本実施の形態に対応するサブキャリア送信ON/OFF制御方式の説明図であって、従来のサブキャリア送信ON/OFF制御方式（従来方式2）を示す図9に対応するものである。

【0117】送信機100は、まず、拡散部102で、固有の拡散コードを用いてデータシンボルを所定の拡散率 $N$ で周波数軸方向に拡散する。拡散された信号は、S/P部104へ出力される。

【0118】S/P部104では、拡散後の信号（直列信号）をサブキャリア数分の並列信号にシリアル／パラレル変換した後、得られた並列信号を送信制御部106へ出力する。

【0119】送信制御部106では、キャリア選択部124で選択された送信OFF指定のサブキャリア（つまり、送信電力割り当てのないサブキャリア）については送信を行わないように各サブキャリアの送信のON/OFFを制御し、パワー制御部108では、送信制御部106による制御結果を受けて、送信するサブキャリアのパワー（送信電力）の合計が通常の送信パワーと同じに

なるように各サブキャリアの送信電力を制御する。すなわち、送信電力割り当てのない送信OFF指定のサブキャリア分の送信電力を、送信電力割り当てのある送信ON指定のサブキャリアに割り当てる。このとき、 $N$ サブキャリア中の $P$ サブキャリアについて送信を行わないとすると、送信する各サブキャリアの送信電力は、たとえば、均等に配分された場合、通常の $N/(N-P)$ 倍になる（たとえば、図4（B）参照）。これにより、1シンボル当たりの全チップにおける送信電力の総和は、各サブキャリアの送信ON/OFF制御を行わない場合と同じになり、情報の伝送効率の低下を回避することができる。送信電力制御された信号は、IFFT部110へ出力される。

【0120】IFFT部110では、送信電力制御された信号を逆高速フーリエ変換（IFFT）して周波数領域から時間領域に変換した後、P/S部112へ出力する。

【0121】P/S部112では、IFFT処理後の並列信号を直列信号にパラレル／シリアル変換した後、得られた直列信号をGI挿入部114へ出力する。

【0122】GI挿入部114では、遅延に対する特性を改善するために、P/S部112の出力信号にガードインターバルを挿入する。

【0123】ガードインターバル挿入後の信号は、送信RF部116で、アンプコンバートなどの所定の無線処理が施された後、アンテナ118から無線送信される。

【0124】その後、受信機200は、アンテナ202で、送信機100から無線送信された信号を受信して、受信RF部204へ出力する。

【0125】受信RF部204では、アンテナ202で受信した信号に対してダウンコンバートなどの所定の無線処理を施す。受信RF部204の出力信号（ベースバンド信号）は、GI除去部206へ出力される。

【0126】GI除去部206では、受信RF部204の出力信号（ベースバンド信号）からガードインターバルを除去して、S/P部208へ出力する。

【0127】S/P部208では、GI除去部206の出力信号（直列信号）をサブキャリア数分の並列信号にシリアル／パラレル変換して、FFT部210へ出力する。

【0128】FFT部210では、S/P部208の出力信号を高速フーリエ変換（FFT）して時間領域から周波数領域に変換（つまり、サブキャリアごとの成分に変換）した後、チャンネル補償部212および受信電力検出部218へ出力する。

【0129】このとき、まず、チャンネル補償部212では、受信信号に含まれるパイロット信号（既知信号）に基づいてチャンネル（回線）を推定し、この推定値に基づいてチャンネルを補償する。チャンネル補償後の信号は、P/S部214へ出力される。

【0130】P/S部214では、チャンネル補償後の信号（並列信号）を直列信号にパラレル/シリアル変換した後、得られた直列信号を逆拡散部216へ出力する。

【0131】逆拡散部216では、送信側と同じ固有の拡散コードを用いてP/S部214の出力信号を逆拡散して、所望の受信データを得る。

【0132】一方、受信電力検出部218では、FFT部210の出力信号を入力して、サブキャリア信号ごとにパイロット信号の受信レベル（ここでは、受信電力）を検出する。受信電力検出部218の検出結果は、サブ

キャリアごとの受信品質情報としてON/OFF情報生成部220へ出力される。

【0133】ON/OFF情報生成部220では、受信電力検出部218の検出結果を基に、各サブキャリアに対する送信電力割り当ての有無に関する情報、つまり、サブキャリアごとの送信のON/OFF情報を生成する。具体的には、たとえば、1シンボルがN本のサブキャリアにわたって拡散率Nで周波数軸方向に拡散されている場合、N本のサブキャリアの中から相対的に受信品質が低いサブキャリアをP本選択して送信OFFにする。ここで、Pは、送信電力割り当てのない非送信サブキャリア数であって、あらかじめ設定された値である。すなわち、この場合、送信OFFするサブキャリアの数（P）をあらかじめ設定しておき、ある1シンボルを拡散率Nで拡散して得られたNチップの信号の中から、受信品質について下位P本のサブキャリアを選択して、送信OFFにする。これにより、各シンボルに対して、必ず（N-P）本のサブキャリアは送信されるため、完全に送信OFFされるシンボルをなくすことができ、送信ビット数を保ちながら、効率的に情報伝送を行うことができる。

【0134】このように、本実施の形態では、相対的に受信品質が低いサブキャリアを選択する。たとえば、図4（A）に示す例では、サブキャリア#11は、サブキャリア#28よりも受信品質が良いにもかかわらず、送信OFFに指定されている。これは、2シンボル目を構成するサブキャリア#9～#16（N=8）の中から、受信レベルが低い2本（P=2）を送信OFFに選択したためである。

【0135】また、このとき、Pの値は、下記の式1、

$$2^{(N-P-1)} \geq N \quad (\text{式1})$$

を満たす値に設定される。これにより、（N-P）本のサブキャリアでN種類以上の拡散コードの組み合わせを取ることができるため、異なる拡散コードで拡散した信号が同じ波形になることが回避され、受信側では異なる拡散コードの信号を必ず分離することができる。

【0136】たとえば、4倍拡散の場合（N=4）、 $2^{(4-P-1)} \geq 4$ を満たすPは、P<2なので、P=1であり、1本しか送信をOFFすることができない。

【0137】具体的には、まず、4倍拡散の場合におい

て2本のサブキャリアを送信OFFにしたときを考える。このとき、4倍拡散では、1111、1100、1001、1010の4つのコードがあるが、2本のサブキャリアの送信をOFFにすると、これら4つのコードは、それぞれ、--11、--00、--01、--10となる。よって、コード1で信号「1」を拡散した信号と、コード2で「0」を拡散した信号とが全く同じ送信信号になってしまい、受信側ではこれらを分離することができない。

【0138】一方、4倍拡散の場合において1本のサブキャリアのみを送信OFFにしたときを考える。このとき、4倍拡散では、1111、1100、1001、1010の4つのコードがあるが、1本のサブキャリアの送信をOFFにすると、これら4つのコードは、それぞれ、-111、-100、-001、-010となる。よって、これら4つのコードをそれぞれ反転した、-000、-011、-110、-101を含めた合計8つのうちのどれを取っても互いに同じにはならないため、拡散のときに異なる拡散コードのデータが同じ信号になることはない。したがって、N=4の場合は、P<2が必須の条件である。

【0139】ON/OFF情報生成部220の出力信号（サブキャリアごとの送信ON/OFF情報）は、送信RF部222で、アンプコンバートなどの所定の無線処理が施された後、アンテナ202から無線送信される。

【0140】その後、送信機100は、アンテナ118で、受信機200から無線送信された信号を受信して、受信RF部120へ出力する。

【0141】受信RF部120では、アンテナ118で受信した信号に対してダウンコンバートなどの所定の無線処理を施す。受信RF部120の出力信号（ベースバンド信号）は、ON/OFF情報取り出し部122へ出力される。

【0142】ON/OFF情報取り出し部122では、受信機200から送られて来たサブキャリアごとの送信ON/OFF情報を取り出して、キャリア選択部124に通知する。

【0143】このように、本実施の形態によれば、MC-CDMA方式において、受信品質が低く送信電力割り当てのないサブキャリアの送信を行わず（送信OFF）、その分の送信電力を、送信機100の総送信電力が一定になるように、送信電力割り当てのある（送信ON）サブキャリアに割り当てて送信を行うため（図4参照）、送信ビット数を保ちつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができる。

【0144】なお、本実施の形態では、サブキャリアごとの送信ON/OFF情報を受信機200で決定して送信機100に要求するようにしているが、これに限定されるわけではない。サブキャリアごとの受信品質情報を受信機から送信機に報告して、送信機がサブキャリアご

10

20

30

40

50

との送信ON/OFF情報を決定するようにしてもよい。この場合、送信機がサブキャリアごとの送信ON/OFF情報を決定するため、受信機での演算量を低減することができる。なお、本実施の形態のように受信機がサブキャリアごとの送信ON/OFF情報を決定する場合は、サブキャリアごとの送信ON/OFF情報はサブキャリアごとの受信品質情報よりも情報量が少ないため、受信機から送信機への情報量を低減することができる。

【0145】さらには、上りと下りとで遅延プロファイルがほぼ同じであることを利用して、送信機は、受信機からの受信信号の遅延プロファイル情報を用いて送信ON/OFF制御のためのサブキャリアごとの受信品質情報を推定し、サブキャリアごとの送信ON/OFF情報を決定するようにしてもよい。この場合、受信機から送信機へのフィードバック信号（サブキャリアごとの送信ON/OFF情報またはサブキャリアごとの受信品質情報）が不要になり、送信機単独でサブキャリアごとの送信ON/OFF情報を決定することができる。

【0146】また、本実施の形態では、受信機200のON/OFF情報生成部220で用いられるP値はあらかじめ設定されているが、これに限定されるわけではない。たとえば、P値は、適応的に変更してもよい。この場合、P値を伝搬環境に応じて最適な値に設定することができる。また、P値を送信機から受信機に送信するようにしてもよい。この場合、受信機は、送信されたサブキャリアの電力が $N/(N-P)$ 倍されていることを認識できるので、たとえば、QAM復調のための基準レベルを認識することができるため、QAM復調を行うことができる。

【0147】また、本実施の形態では、送信機100は基地局に、受信機200は移動局にそれぞれ搭載されているが、これに限定されるわけではない。たとえば、送信機100を移動局に、受信機200を基地局にそれぞれ搭載することも可能である。

【0148】また、本実施の形態では、本発明をMC-CDMA方式に適用した場合について説明したが、これに限定されるわけではなく、本発明は、CDMA方式と組み合わせられた任意のマルチキャリア変調方式に適用可能である。

【0149】（実施の形態2）図5は、本発明の実施の形態2に係るマルチキャリア送信装置およびマルチキャリア受信装置の各構成を示すブロック図である。なお、これらのマルチキャリア送信装置（送信機）300およびマルチキャリア受信装置（受信機）400は、図1に示すマルチキャリア送信装置（送信機）100およびマルチキャリア受信装置（受信機）200とそれぞれ同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0150】本実施の形態の特徴は、従来方式1とは逆

の形態でサブキャリア送信電力制御（ここでは「サブキャリア逆送信電力制御」という）を行う、具体的には、たとえば、MC-CDMA方式において、受信機400での各サブキャリアの受信レベルに応じて、受信レベルが高いサブキャリアほど送信電力を大きくして送信を行い、受信レベルが低いサブキャリアほど送信電力を小さくして送信を行うことである。そのため、送信機300には送信パワー制御部108a、受信パワー情報取り出し部302、および送信パワー決定部304が設けられ、受信機400には受信パワー情報生成部402が設けられている。

【0151】なお、ここでも、送信機300と受信機400によってMC-CDMA方式の送受信機が構成されている。また、たとえば、送信機300は、移動体通信システムにおける基地局に搭載され、受信機400は、移動体通信システムにおける移動局装置に搭載されている。

【0152】次いで、上記構成を有する送信機300および受信機400の特徴的な動作について、図6を用いて説明する。図6は、本実施の形態に対応するサブキャリア逆送信電力制御方式の説明図である。

【0153】送信機300は、送信パワー制御部108aで、受信機400からの通知に従って、受信パワーが大きい（つまり、受信レベルが高い）サブキャリアほど大きい送信パワーで強く送信し、受信パワーが小さい（つまり、受信レベルが低い）サブキャリアほど小さい送信パワーで弱く送信するように各サブキャリアの送信電力を制御する（図6参照）。具体的には、たとえば、サブキャリア#kの受信パワーを $H_k$ とすると、サブキャリア#kの送信パワーは、1シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように、受信パワー $H_k$ に比例するパワーに設定される。このとき、受信パワー情報取り出し部302では、受信機400から送られて来たサブキャリアごとの受信パワー情報を取り出して、送信パワー決定部304に通知し、送信パワー決定部304では、サブキャリアごとの受信パワー情報を基に、各サブキャリアの送信パワーを決定して、送信パワー制御部108aに指示する。

【0154】なお、従来方式では、伝搬路におけるパワー変動を補償するために（図8（C）参照）、サブキャリアの送信パワーは、受信パワー $H_k$ の逆数 $1/H_k$ 倍のパワーとなるように制御されていた（図8（A）と図8（B）参照）。

【0155】一方、受信機400は、受信電力検出部218で、FFT部210の出力信号を入力して、サブキャリア信号ごとにパイロット信号の受信レベル（ここでは、受信パワー）を検出した後、受信パワー情報生成部402へ出力する。

【0156】受信パワー情報生成部402では、受信電力検出部218の検出結果を基に、サブキャリアごとの

10

20

30

40

50



受信パワー情報を生成する。具体的には、サブキャリア #k の受信パワーを  $H_k$  とすると、この  $H_k$  の値を受信パワー情報として送信機 300 に通知する。

【0157】なお、このとき、受信パワーを 1 シンボル区間にわたって規格化し、1 シンボル区間の相対的なパワーの状態を示す情報を通知するようにしてもよい。すなわち、拡散率を  $N$  とすると、規格化されたパワー情報  $H_{k\text{norm}}$  は、下記の式 2、

$$H_{k\text{norm}} = H_k / \left( \sum_{k=1}^N H_k \right) \quad (\text{式 } 2)$$

によって与えられる。これにより、通知情報のダイナミックレンジを小さくすることができる。また、送信機 300 においては、ある 1 シンボルを構成するサブキャリアの送信パワーの合計値を一定に保つことができる。

【0158】このように、本実施の形態によれば、MC-CDMA 方式において、受信機 400 での各サブキャリアの受信レベル（受信パワー）に応じて、1 シンボル当たりの全サブキャリアの送信電力の合計値が一定になるように、受信パワーが大きいサブキャリアほど送信電力を大きくして送信を行い、受信パワーが小さいサブキャリアほど送信電力を小さくして送信を行うため、1 シンボル当たりの総送信電力を通常と同じに制御しつつ、伝搬路において信号を効率的に増幅させて信号を受信することができる。

【0159】たとえば、図 7 に示す本実施の形態に対応する方式と図 8 に示す従来方式とを比較した場合、同じ受信レベル情報に対して（図 7（A）と図 8（A）参照）、同じ送信電力にもかかわらず（図 7（B）と図 8（B）参照）、本実施の形態では、図 7（C）に示すように、図 8（C）に示す従来方式による場合よりも大きい総受信電力を得ることができる。

【0160】なお、本実施の形態では、MC-CDMA 方式におけるサブキャリア逆送信電力制御について説明したが、サブキャリア逆送信電力制御の適用対象方式はこれに限定されるわけではない。たとえば、CDMA 方式と組み合わせられた任意のマルチキャリア変調方式に適用可能であり、さらには、単なる OFDM 方式にも本実施の形態に対応するサブキャリア逆送信電力制御は適用可能である。

【0161】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、MC-CDMA 方式において、送信ビット数を保ちつつ、情報の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア送信 ON/OFF 制御方式を実現することができる。

【0162】また、MC-CDMA 方式において、情報

の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア逆送信電力制御方式を実現することができる。

【0163】さらに、OFDM 方式において、情報の伝送効率および受信性能を向上することができるサブキャリア逆送信電力制御方式を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係るマルチキャリア送信装置およびマルチキャリア受信装置の各構成を示すブロック図

10 【図 2】送信される OFDM 信号の状態を示す図

【図 3】OFDM 信号におけるサブキャリアの配置の状態を示す図

【図 4】本実施の形態に対応するサブキャリア送信 ON/OFF 制御方式の説明図

【図 5】本発明の実施の形態 2 に係るマルチキャリア送信装置およびマルチキャリア受信装置の各構成を示すブロック図

【図 6】本実施の形態に対応するサブキャリア逆送信電力制御方式の説明図

20 【図 7】本実施の形態に対応するサブキャリア逆送信電力制御方式の別の説明図

【図 8】従来のサブキャリア送信電力制御方式の説明図

【図 9】従来のサブキャリア送信 ON/OFF 制御方式の説明図

【符号の説明】

100, 300 送信機

102 拡散部

104, 208 S/P 部

106 送信制御部

30 108 パワー制御部

108a 送信パワー制御部

110 IFFT 部

112, 214 P/S 部

114 GI 挿入部

122 ON/OFF 情報取り出し部

124 キャリア選択部

200, 400 受信機

206 GI 除去部

210 FFT 部

40 212 チャネル補償部

216 逆拡散部

218 受信電力検出部

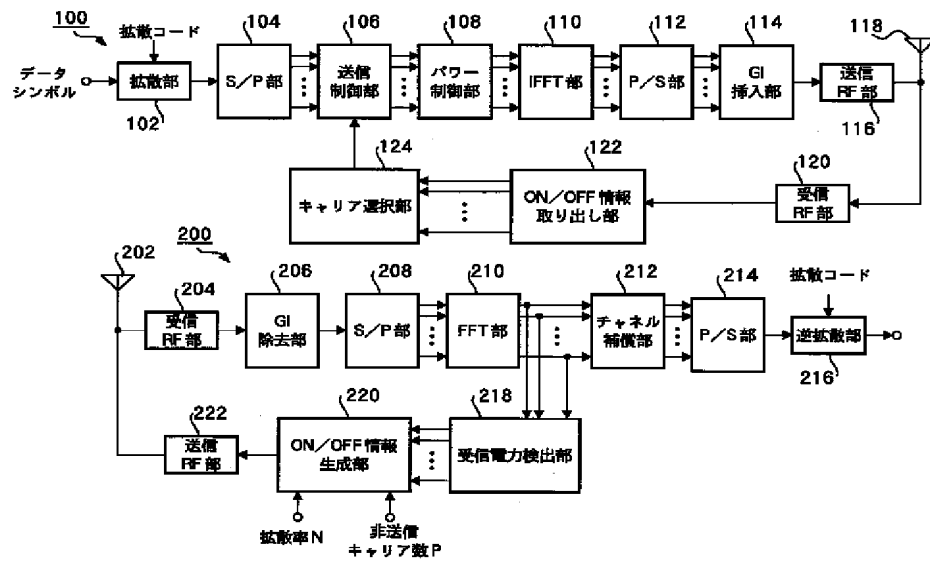
220 ON/OFF 情報生成部

302 受信パワー情報取り出し部

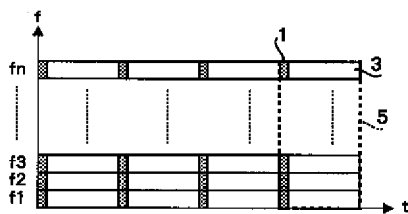
304 送信パワー決定部

402 受信パワー情報生成部

【図1】



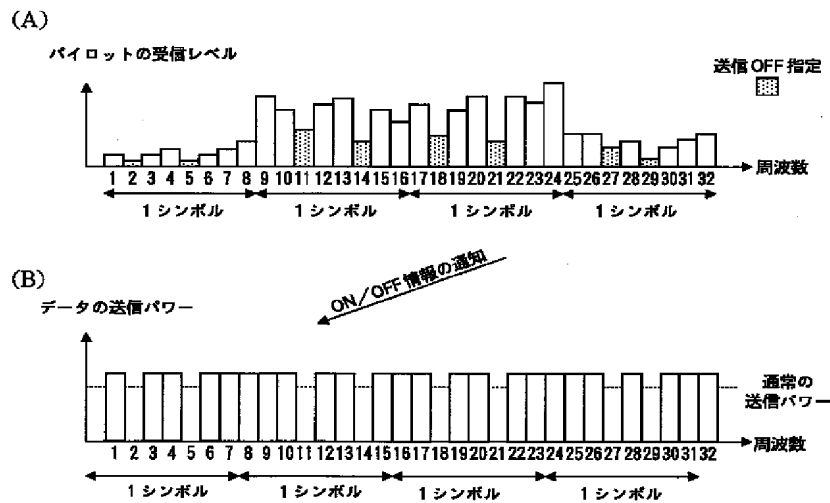
【図2】



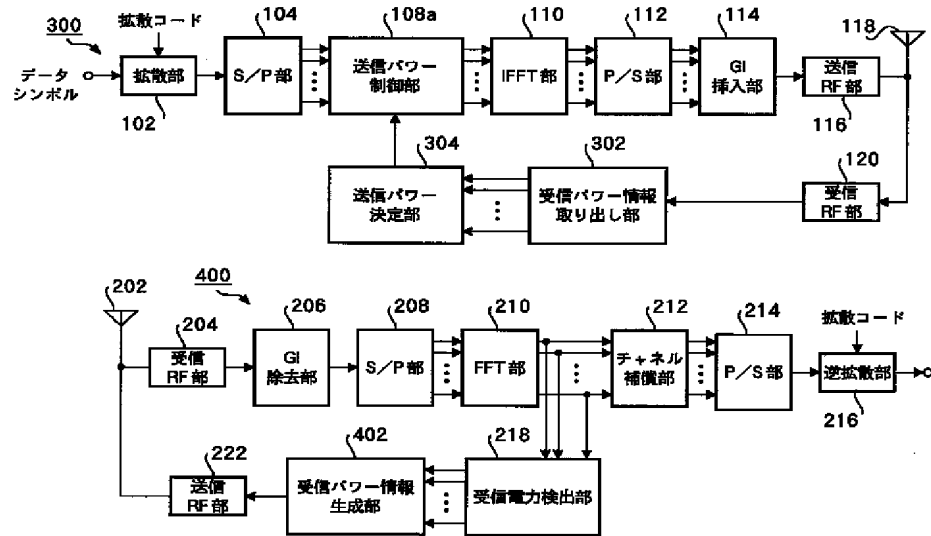
【図3】



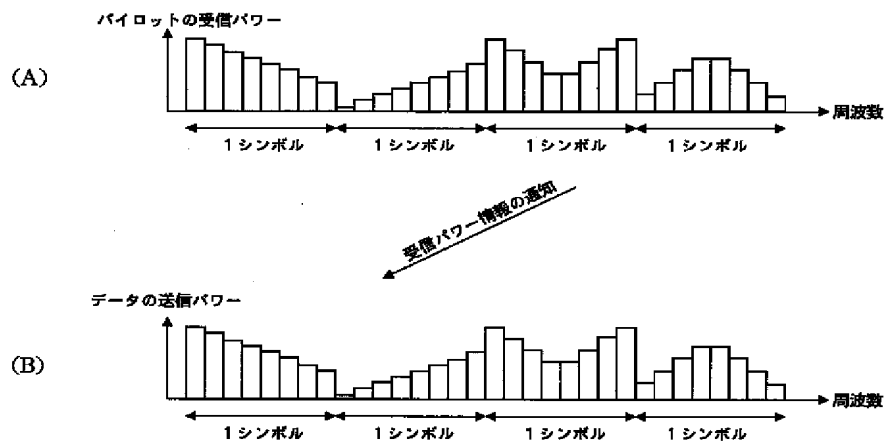
【図4】



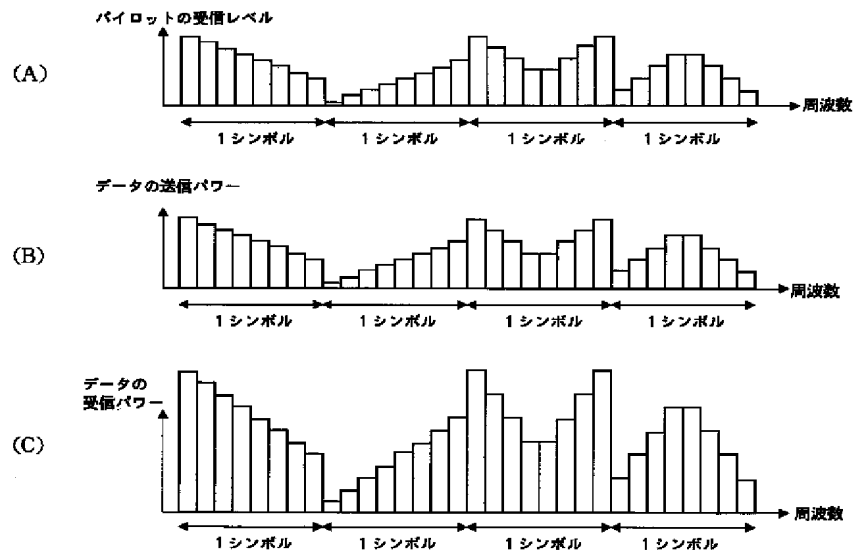
【図5】



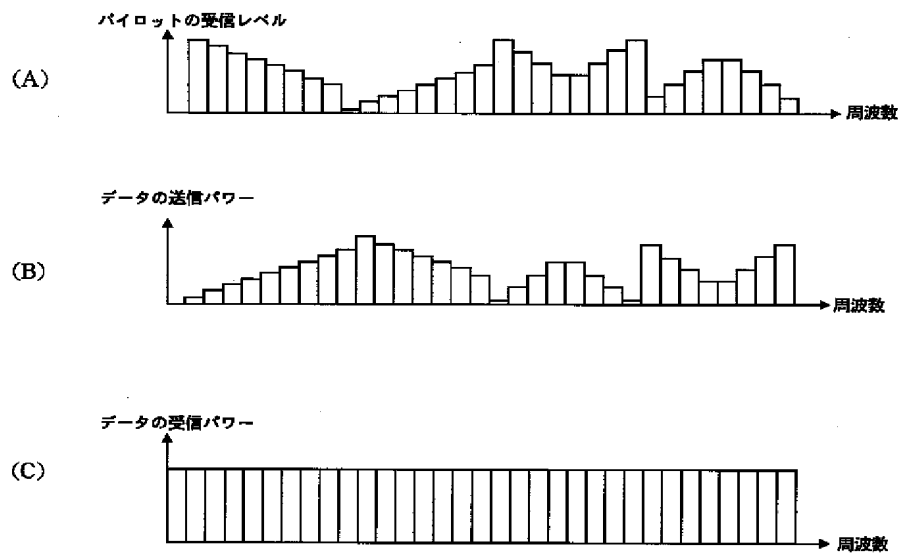
【図6】



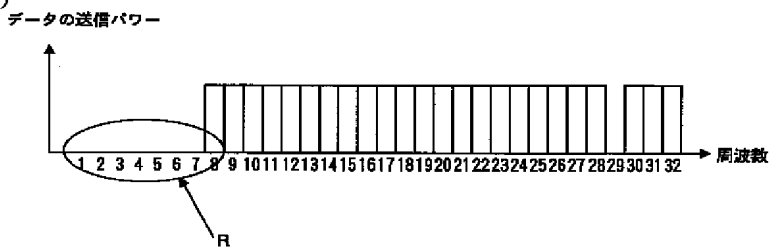
【図7】



【図8】



(A)





US 20040009783A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**(10) **Pub. No.: US 2004/0009783 A1****Miyoshi**(43) **Pub. Date:****Jan. 15, 2004**

(54) **MULTI-CARRIER TRANSMISSION APPARATUS, MULTI-CARRIER RECEPTION APPARATUS, AND MULTI-CARRIER RADIO COMMUNICATION METHOD**

(52) **U.S. Cl. .... 455/522; 455/552.1**(57) **ABSTRACT**(76) **Inventor: Kenichi Miyoshi, Kanagawa (JP)**

Correspondence Address:

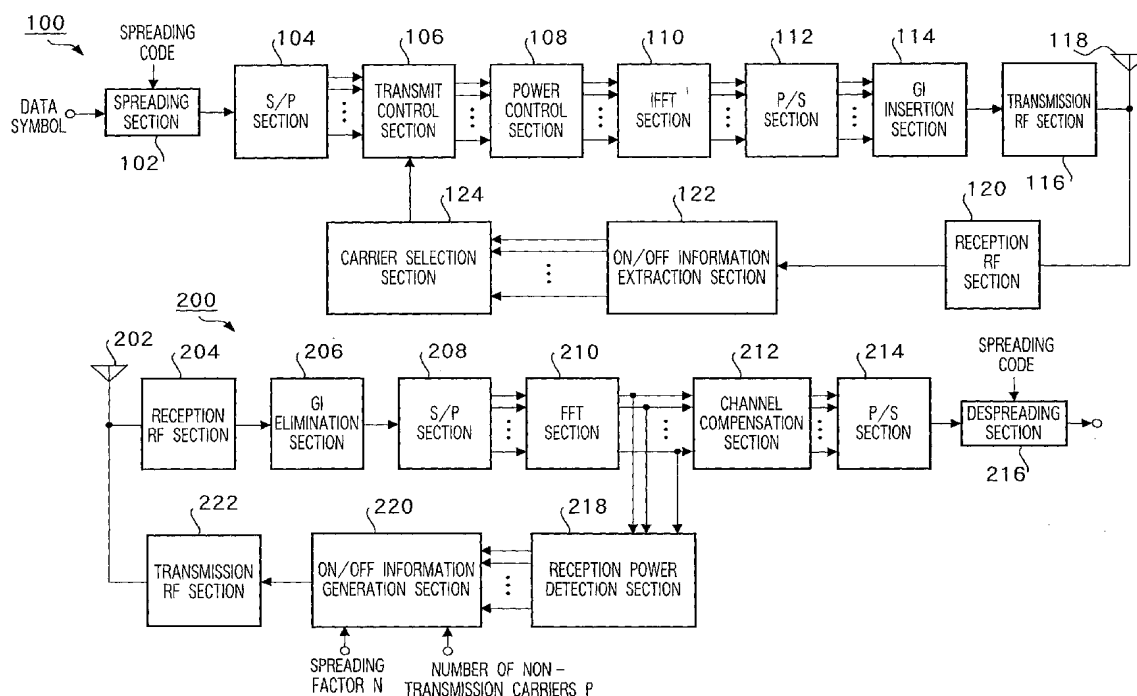
**STEVENS DAVIS MILLER & MOSHER, LLP**  
**1615 L STREET, NW**  
**SUITE 850**  
**WASHINGTON, DC 20036 (US)**

(21) **Appl. No.: 10/380,222**(22) **PCT Filed: Jul. 3, 2002**(86) **PCT No.: PCT/JP02/06712**(30) **Foreign Application Priority Data**

Jul. 13, 2001 (JP) ..... 2001-214545

**Publication Classification**(51) **Int. Cl.<sup>7</sup> ..... H04B 7/00; H04Q 7/20**

A subcarrier transmission ON/OFF control system based on an MC-CDMA system capable of improving information transmission efficiency and reception performance while keeping the number of transmission bits constant. Furthermore, a subcarrier transmit power control system based on an MC-CDMA system or OFDM system capable of improving information transmission efficiency and reception performance. The former system based on the MC-CDMA system does not carry out transmission through subcarriers of low reception quality, with no transmit power assigned (transmission OFF), assigns the corresponding transmit power to subcarriers with transmit power assigned (transmission ON) and carries out transmission (subcarrier transmission ON/OFF control). The latter system based on the MC-CDMA system or OFDM system carries out transmission according to a reception level of each subcarrier on the receiving side, with greater transmit power assigned to subcarriers with higher reception levels and smaller transmit power assigned to subcarriers with lower reception levels (subcarrier reverse transmit power control).



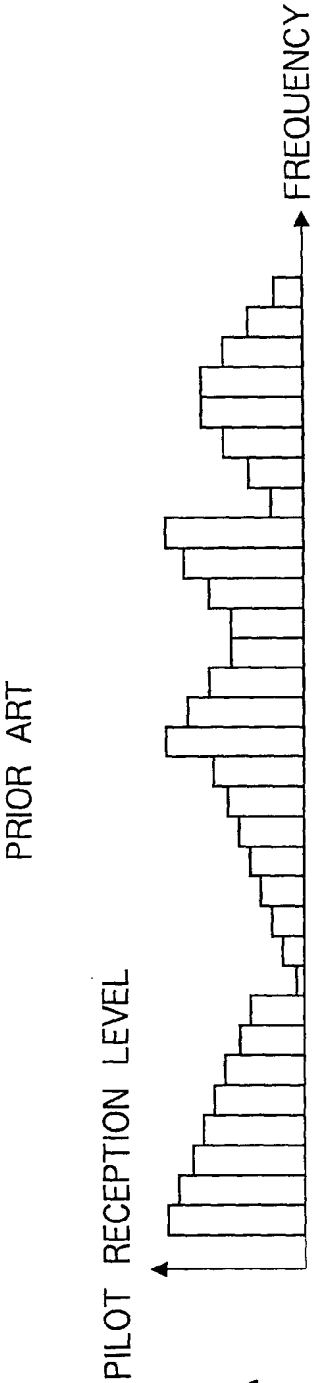


FIG. 1A

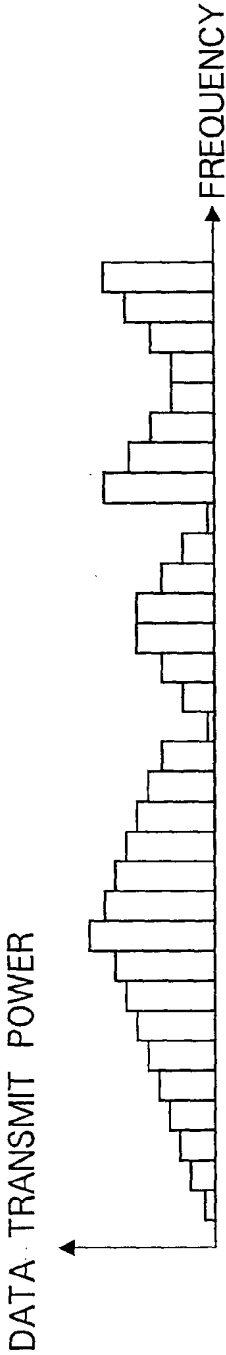


FIG. 1B

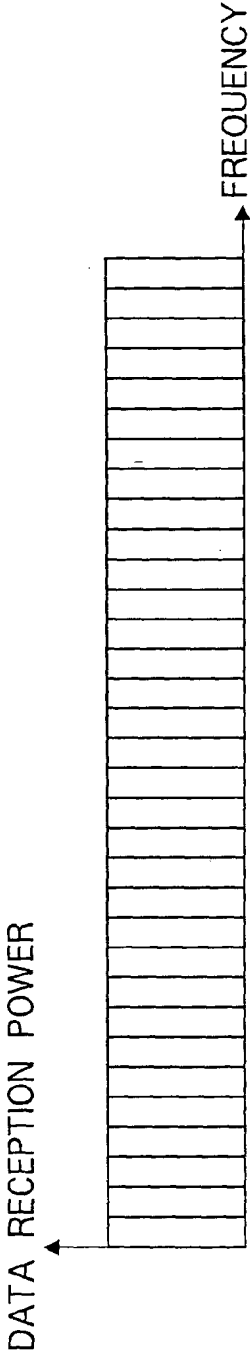
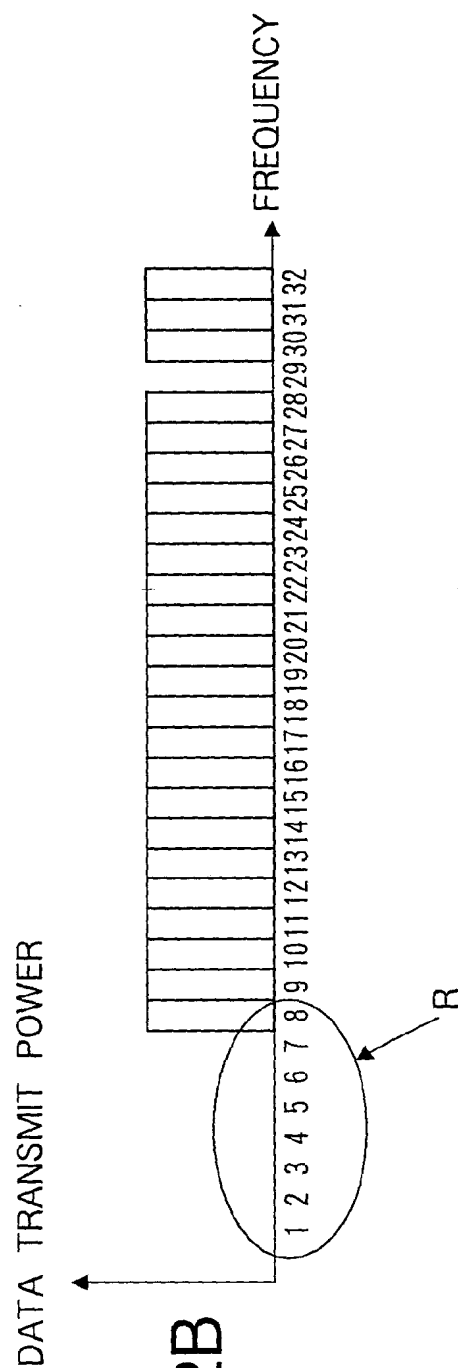
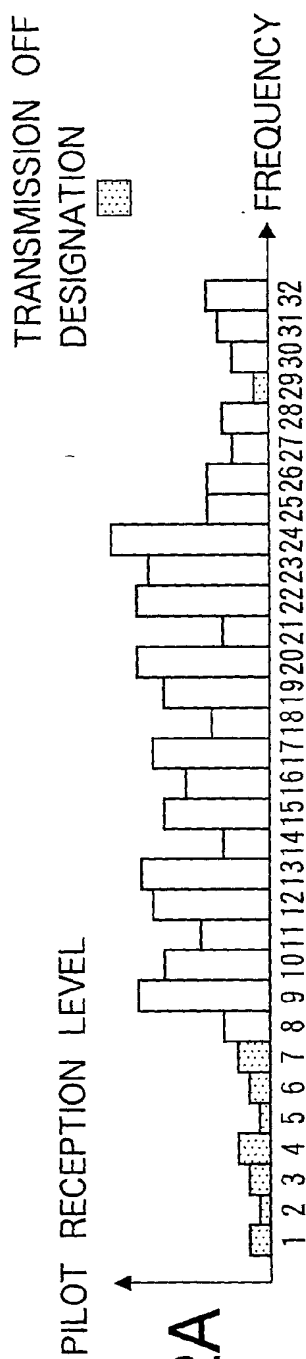


FIG. 1C

PRIOR ART





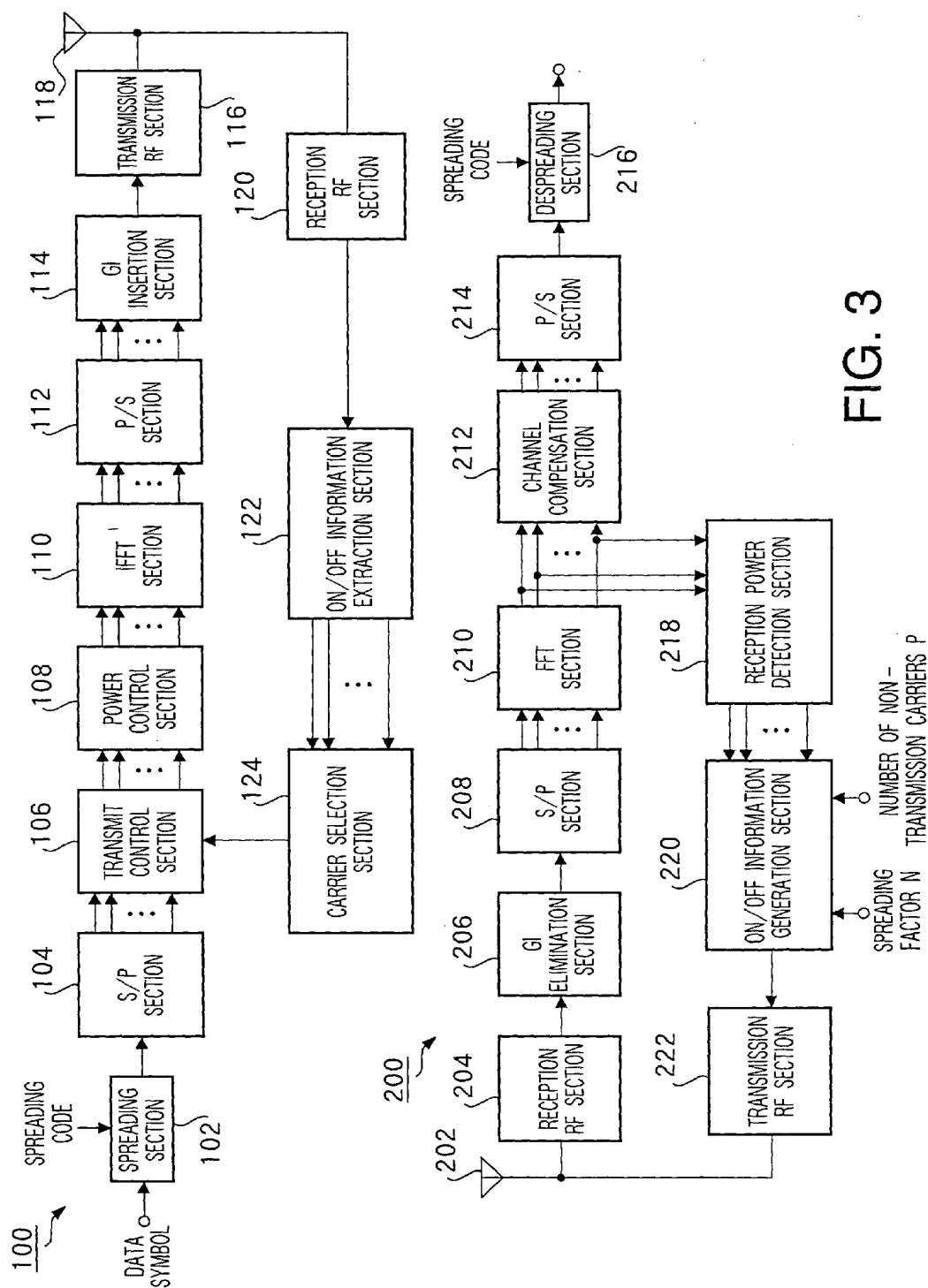


FIG. 3

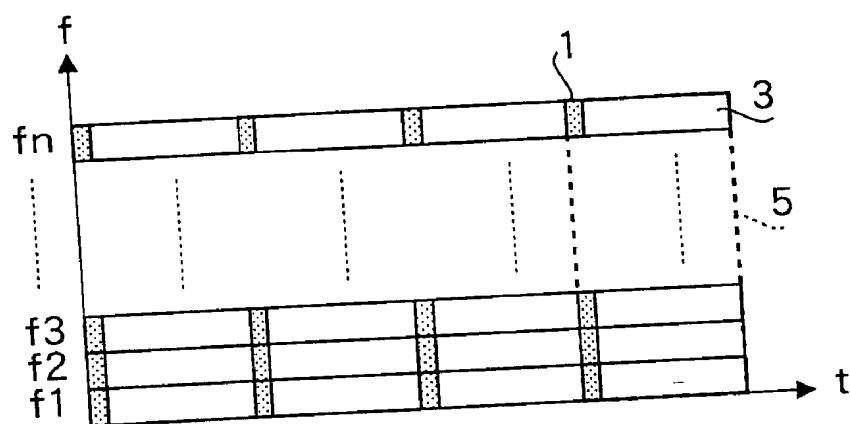


FIG. 4

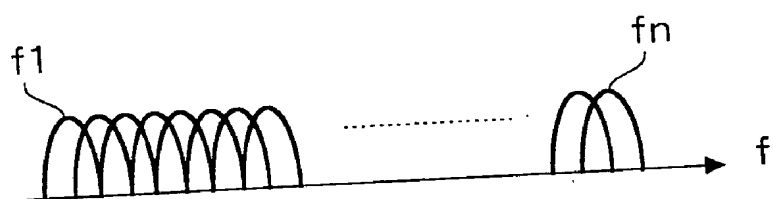


FIG. 5

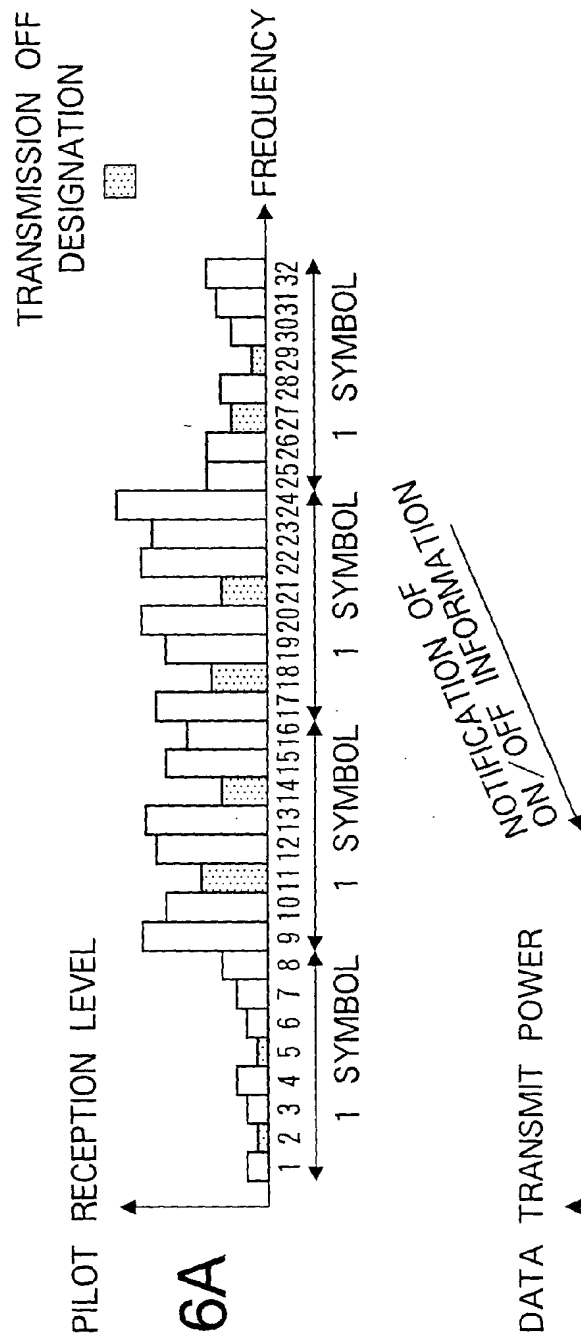


FIG. 6A

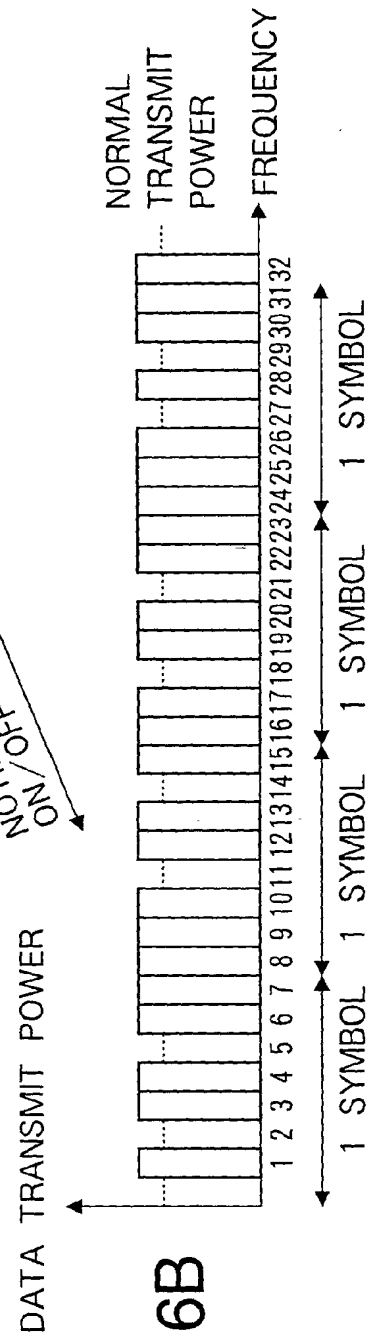


FIG. 6B

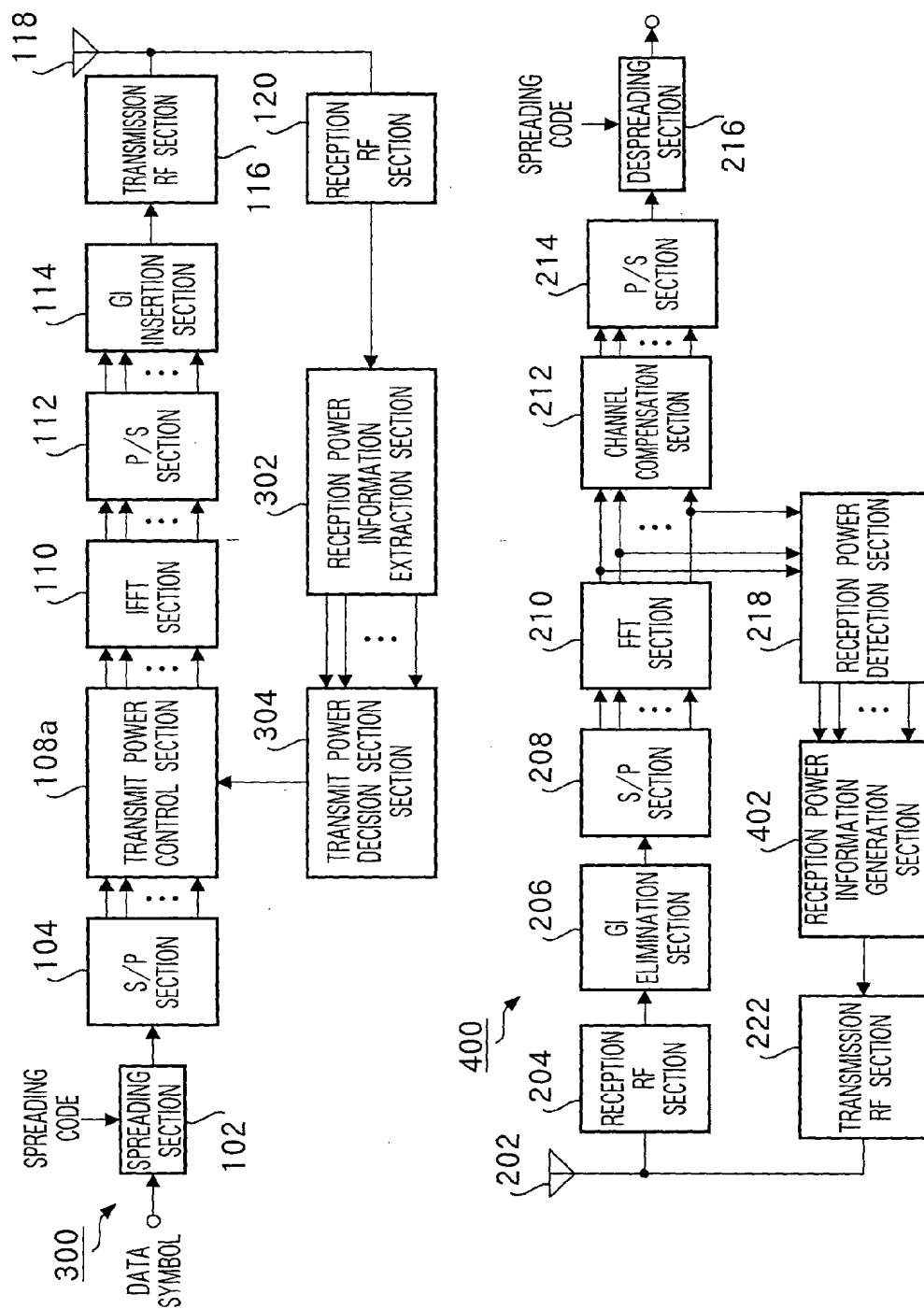


FIG. 7

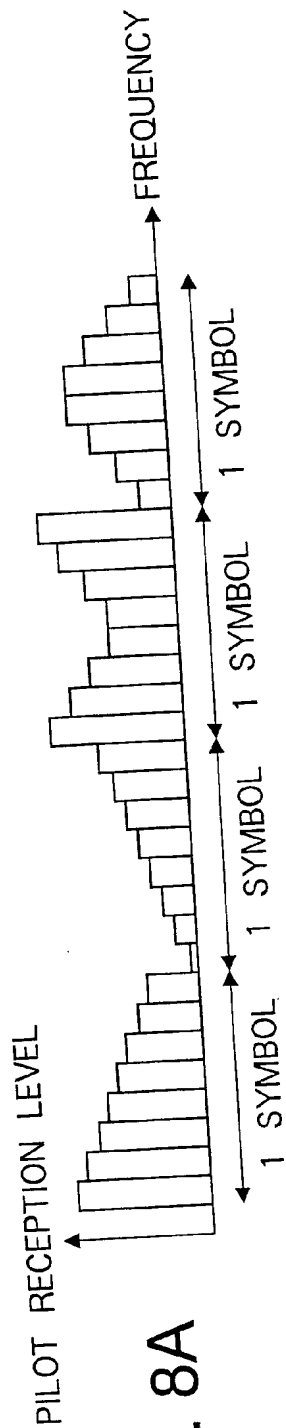


FIG. 8A

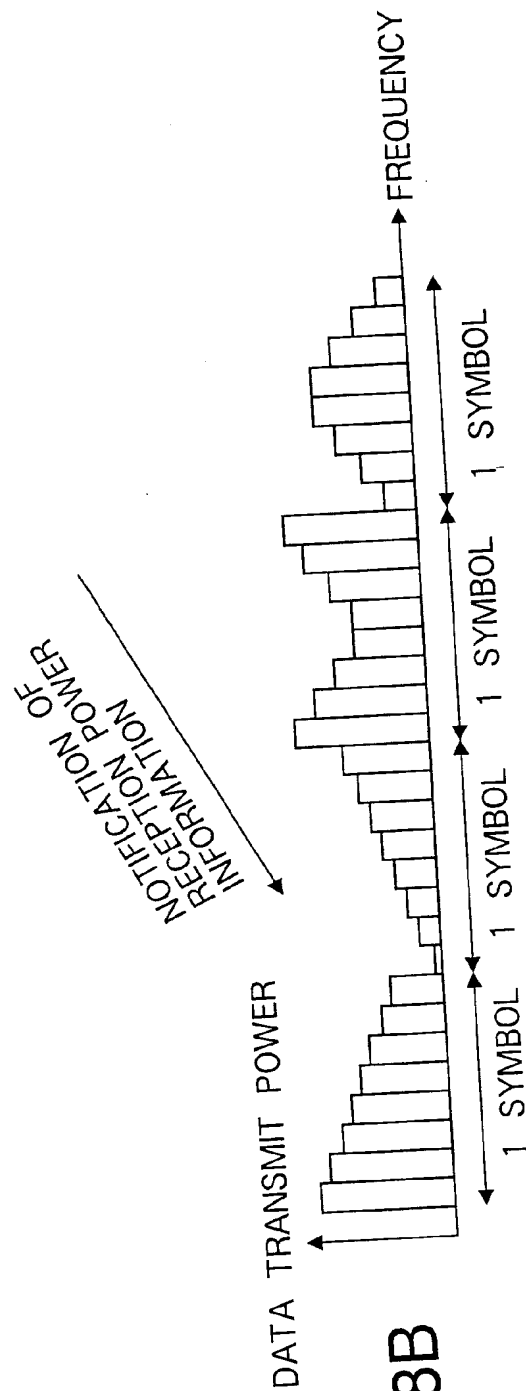


FIG. 8B

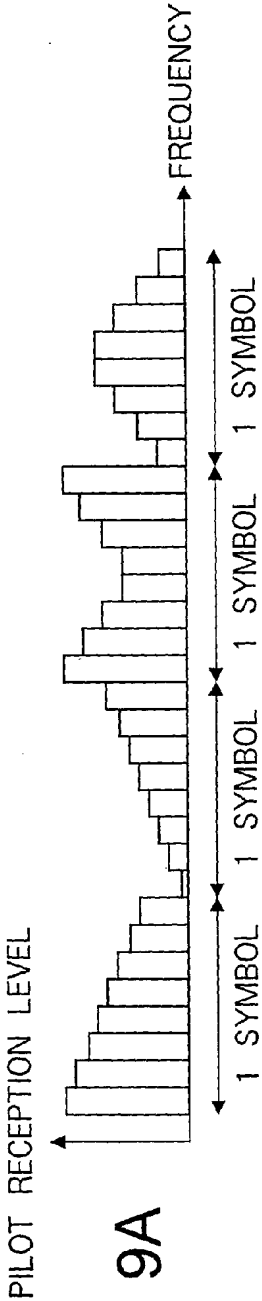


FIG. 9A

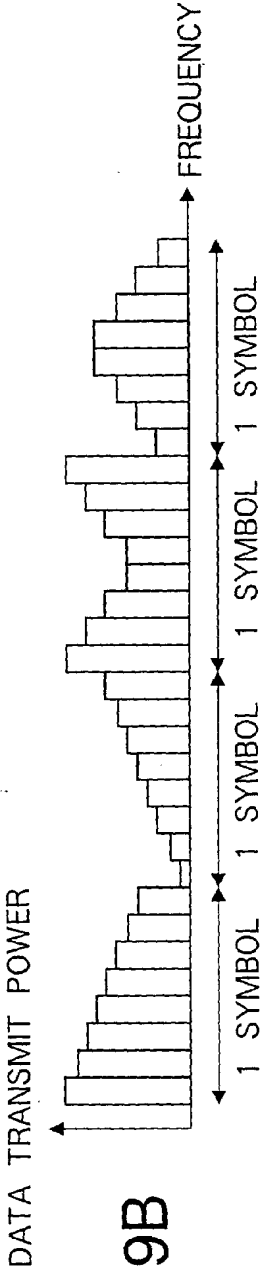


FIG. 9B

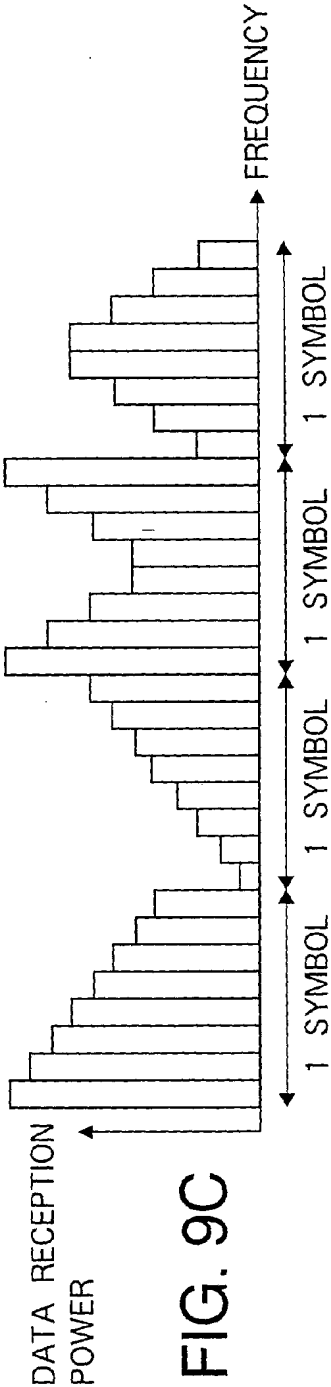


FIG. 9C

**MULTI-CARRIER TRANSMISSION APPARATUS,  
MULTI-CARRIER RECEPTION APPARATUS, AND  
MULTI-CARRIER RADIO COMMUNICATION  
METHOD**

**TECHNICAL FIELD**

[0001] The present invention relates to a transmission/reception apparatus, and more particularly, to a multicarrier transmission apparatus, multicarrier reception apparatus and multicarrier radio communication method.

**BACKGROUND ART**

[0002] In a radio communication, a mobile communication in particular, not only voice but also various types of information such as images and data are becoming objects of transmission in recent years. With anticipation of increasing demands for transmission of a variety of contents in the future, it is estimated that the need for more reliable and faster transmission will be further increased. However, when high-speed transmission is carried out in mobile communications, influences of delay signals caused by multipaths will grow to such an extent that they are no longer negligible and the transmission characteristic will deteriorate due to frequency selective fading.

[0003] As one of technologies for coping with frequency selective fading, a multicarrier (MC) modulation system such as an OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) system is attracting attention. The multicarrier modulation system is a technology for transmitting data using a plurality of carriers (subcarriers) whose transmission rate is suppressed to an extent that frequency selective fading is prevented and thereby achieving high-speed transmission as a result. The OFDM system in particular is a system with the highest frequency utilization efficiency among multicarrier modulation systems because a plurality of subcarriers in which data is arranged are orthogonal to one another and it is also a system that can be implemented in a relatively simple hardware configuration, and therefore the OFDM system is a focus of particular attention and under study from various angles.

[0004] Examples of such studies include "Performance of a Multilevel Transmit Power Control Scheme for the OFDM Subcarrier Adaptive Modulation System" (by Yoshiki, Sanpei and Morinaga, TECHNICAL REPORT OF IEICE, SSE2000-71, RCS2000-60 (2000-07), pp.63-68) and "Performance of the Delay Profile Information Channel based Subcarrier Transmit Power Control Technique for OFDM/FDD Systems" (by Maeda, Sanpei and Morinaga, Transactions of Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, B, Vol. J84-B, No. 2, pp. 205-213 (February 2001)).

[0005] Here, a base station is designed to improve the sensitivity of its receiver by controlling transmit power so that the reception situation of each subcarrier becomes constant as shown in FIG. 1A through FIG. 1C (hereinafter referred to as "conventional system 1"). Furthermore, as shown in FIG. 2A and FIG. 2B, for example, during subcarrier transmit power control, control is performed in such a way as to prevent transmission using subcarriers of low reception quality in order to reduce transmit power (hereinafter referred to as "conventional system 2").

[0006] However, the above-described conventional system 1 and conventional system 2 have problems as follows.

[0007] First, the conventional system 1 gives greater energy to subcarriers whose power decreases in a propagation path during transmission and gives smaller energy to subcarriers whose power increases in a propagation path during transmission (see FIG. 1A through FIG. 1C), which results in poor efficiency and puts a certain limit on improvement of the reception performance.

[0008] Moreover, since the conventional system 1 carries out transmit power control for each subcarrier, it is necessary to send a reference level of a transmission signal for every subcarrier when carrying out multi-value modulation such as QAM.

[0009] On the other hand, in order to demodulate reception information, the conventional system 2 requires a base station to send position information of subcarriers not engaged in transmission (that is, ones not assigned transmit power) to a mobile station separately, which requires relatively large transmit power which is not used for transmission of information. Moreover, since the transmit power is relatively large, the signal may cause interference with another cell.

[0010] Moreover, according to the conventional system 2, when there are subcarriers not engaged in transmission, the number of bits that can be transmitted may be decreased, preventing information from being transmitted correctly. For example, for a portion R of subcarriers #1 to #7 shown in FIG. 2B, there are too few transmission carriers to demodulate information correctly. To improve this, the conventional system 2 reduces the number of transmission bits by puncturing, but puncturing increases a coding rate and thereby reduces the error correcting performance.

[0011] Furthermore, the conventional system 2 turns OFF transmission by subcarriers of low reception quality, which reduces total transmit power and reduces the information transmission efficiency.

[0012] Moreover, a system combining an OFDM system and a CDMA (Code Division Multiple Access) system (referred to as "MC (multicarrier)-CDMA system" or also as "OFDM-CDMA system," but referred to as "MC-CDMA system" here) is recently a focus of particular attention as an access system to implement faster transmission. Here, the CDMA system is one of spread spectrum systems which is another technology for coping with frequency selective fading which improves interference resistance by directly spreading information of each user on the frequency axis using a spreading code specific to each user and thereby obtaining spreading gain. The MC-CDMA system will be described in detail later.

[0013] When, for example, the above-described conventional system 2 is simply applied to this MC-CDMA system, the following additional problem occurs:

[0014] That is, according to the conventional system 2, subcarriers not to be involved in transmission are selected from among all subcarriers, and therefore if transmission of all spreading chips of a certain symbol in the MC-CDMA system is turned OFF, the symbol will no longer be transmitted completely, and as a result the performance deteriorates.

[0015] Moreover, if transmission OFF control is simply performed in the MC-CDMA system, the orthogonality of a transmission signal with multiplexed spreading codes will be completely destroyed and a signal being sent using a different spreading code will have completely the same signal waveform, preventing the receiving side from separating those signals.

#### DISCLOSURE OF INVENTION

[0016] It is an object of the present invention to provide a multicarrier transmission apparatus, multicarrier reception apparatus and multicarrier radio communication method based on a subcarrier transmission ON/OFF control system capable of improving the information transmission efficiency and reception performance while maintaining the number of transmission bits in an MC-CDMA system.

[0017] It is another object of the present invention to provide a multicarrier transmission apparatus, multicarrier reception apparatus and multicarrier radio communication method based on a subcarrier transmit power control system capable of improving the information transmission efficiency and reception performance in an MC-CDMA system.

[0018] It is a further object of the present invention to provide a multicarrier transmission apparatus, multicarrier reception apparatus and multicarrier radio communication method based on a subcarrier transmit power control system capable of improving the information transmission efficiency and reception performance in an OFDM system.

[0019] A multicarrier transmission apparatus according to an aspect of the present invention is a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, including an acquisition section that acquires assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not and an assignment section that assigns transmit power for subcarriers with no transmit power assigned, to subcarriers with transmit power assigned, based on the assignment presence/absence information acquired by the acquisition section.

[0020] In the above-described multicarrier transmission apparatus, the acquisition section preferably includes a reception section that receives reception quality information on the reception quality of each subcarrier estimated on the receiving side and a decision section that decides the assignment presence/absence information based on the reception quality information received by the reception section (case 1). Furthermore, the acquisition section preferably includes a reception section that receives the assignment presence/absence information decided on the receiving side (case 2).

[0021] A multicarrier reception apparatus according to another aspect of the present invention is a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with the multicarrier transmission apparatus in the above case 1, including an estimation section that estimates reception quality information on the reception quality of each subcarrier and a transmission section that transmits the reception quality information estimated by the estimation section.

[0022] A multicarrier reception apparatus according to a further aspect of the present invention is a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication

with the multicarrier transmission apparatus in the above case 2, including an estimation section that estimates reception quality information on the reception quality of each subcarrier, a decision section that decides assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not based on the reception quality information estimated by the estimation section and a transmission section that transmits the assignment presence/absence information decided by the decision section.

[0023] A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, including an acquisition step of acquiring assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not and an assignment step of assigning transmit power for subcarriers with no transmit power assigned, to subcarriers with transmit power assigned, based on the assignment presence/absence information acquired in the acquiring step.

[0024] In the above-described multicarrier radio communication method, the acquisition step preferably includes a reception step of receiving reception quality information on the reception quality of each subcarrier estimated on the receiving side and a decision step of deciding the assignment presence/absence information based on the reception quality information received in the reception step (case 1a). Furthermore, the acquisition step preferably includes a reception step of receiving the assignment presence/absence information decided on the receiving side (case 2a).

[0025] A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus that uses the multicarrier radio communication method in the above case 1a, including an estimation step of estimating reception quality information on the reception quality of each subcarrier and a transmission step of transmitting the reception quality information estimated in the estimation step.

[0026] A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out a radio communication with a multicarrier transmission apparatus that uses the multicarrier radio communication method in the above case 2a, including an estimation step of estimating reception quality information on the reception quality of each subcarrier, a decision step of deciding assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not based on the reception quality information estimated in the estimation step and a transmission step of transmitting the assignment presence/absence information decided in the decision step.

[0027] A multicarrier transmission apparatus according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, including an acquisition section that acquires reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side and a control section that controls transmit power of



each subcarrier based on the reception level information acquired by the acquisition section so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**[0028]** A multicarrier reception apparatus according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with this multicarrier transmission apparatus, including a detection section that detects reception level information on the reception level of each subcarrier and a transmission section that transmits the reception quality information detected by the detection section.

**[0029]** A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, including an acquisition step of acquiring reception level information on the reception level of each subcarrier on the receiving side and a control step of controlling transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired in the acquisition step so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**[0030]** A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using this multicarrier radio communication method, including a detection step of detecting reception level information on a reception level of each subcarrier and a transmission step of transmitting the reception quality information detected in the detection step.

**[0031]** A multicarrier transmission apparatus according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication based on an OFDM system, including an acquisition section that acquires reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side and a control section that controls transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired by the acquisition section so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**[0032]** A multicarrier reception apparatus according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with this multicarrier transmission apparatus, including a detection section that detects reception level information on a reception level of each subcarrier and a transmission section that transmits the reception quality information detected by the detection section.

**[0033]** A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication based on an OFDM system, including an acquisition step of acquiring reception level information on a reception

level of each subcarrier on the receiving side and a control step of controlling transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired in the acquisition step so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**[0034]** A multicarrier radio communication method according to a still further aspect of the present invention is a multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using this multicarrier radio communication method, including a detection step of detecting reception level information on a reception level of each subcarrier and a transmission step of transmitting the reception quality information detected in the detection step.

#### BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

**[0035]** FIG. 1A illustrates a conventional subcarrier transmit power control system and shows an example of a relationship between frequency and pilot reception levels;

**[0036]** FIG. 1B also illustrates a conventional subcarrier transmit power control system and shows an example of a relationship between frequency and data transmit power;

**[0037]** FIG. 1C also illustrates a conventional subcarrier transmit power control system and shows an example of a relationship between frequency and data reception power;

**[0038]** FIG. 2A illustrates a conventional subcarrier transmission ON/OFF control system and shows an example of a relationship between frequency and pilot reception levels;

**[0039]** FIG. 2B also illustrates a conventional subcarrier transmission ON/OFF control system and shows an example of a relationship between frequency and data transmit power;

**[0040]** FIG. 3 is a block diagram showing configurations of a multicarrier transmission apparatus and a multicarrier reception apparatus according to Embodiment 1 of the present invention;

**[0041]** FIG. 4 illustrates a state of an OFDM signal to be transmitted;

**[0042]** FIG. 5 illustrates a state of a subcarrier arrangement of an OFDM signal;

**[0043]** FIG. 6A illustrates a subcarrier transmission ON/OFF control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and pilot reception levels;

**[0044]** FIG. 6B also illustrates a subcarrier transmission ON/OFF control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and data transmit power;

**[0045]** FIG. 7 is a block diagram showing configurations of a multicarrier transmission apparatus and a multicarrier reception apparatus according to Embodiment 2 of the present invention;

**[0046]** FIG. 8A illustrates a subcarrier reverse transmit power control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and pilot reception levels;

[0047] FIG. 8B also illustrates a subcarrier reverse transmit power control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and data transmit power;

[0048] FIG. 9A illustrates another subcarrier reverse transmit power control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and pilot reception levels;

[0049] FIG. 9B also illustrates a further subcarrier reverse transmit power control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and data transmit power; and

[0050] FIG. 9C illustrates a still further subcarrier reverse transmit power control system according to this embodiment and shows an example of a relationship between frequency and data reception power.

#### BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

[0051] An essence of the present invention is to carry out transmission based on an MC-CDMA system, avoiding transmission through subcarriers of low reception quality with no transmit power assigned (transmission OFF) and assigning the corresponding transmit power to subcarriers with transmit power assigned (transmission ON) (subcarrier transmission ON/OFF control). Another essence of the present invention is to carry out transmission based on an MC-CDMA system or OFDM system, according to the reception levels of subcarriers on the receiving side, with greater transmit power assigned to subcarriers with higher reception levels and smaller transmit power assigned to subcarriers with lower reception levels (subcarrier reverse transmit power control).

[0052] With reference now to the attached drawings, embodiments of the present invention will be explained in detail below.

[0053] (Embodiment 1)

[0054] FIG. 3 is a block diagram showing configurations of a multicarrier transmission apparatus and a multicarrier reception apparatus according to Embodiment 1 of the present invention.

[0055] The multicarrier transmission apparatus (hereinafter simply referred to as "transmitter") 100 shown in FIG. 3 is provided with a spreading section 102, a serial/parallel conversion (S/P) section 104, a transmission control section 106, a power control section 108, an inverse fast Fourier transform (IFFT) section 110, a parallel/serial conversion (P/S) section 112, a guard interval (GI) insertion section 114, a transmission RF section 116, a transmission/reception duplex antenna 118, a reception RF section 120, an ON/OFF information extraction section 122 and a carrier selection section 124. The transmitter 100 is mounted, for example, on a base station in a mobile communication system.

[0056] On the other hand, the multicarrier reception apparatus (hereinafter simply referred to as "receiver") 200 shown in FIG. 3 is provided with a transmission/reception duplex antenna 202, a reception RF section 204, a guard interval (GI) insertion elimination section 206, a serial/parallel conversion (S/P) section 208, a fast Fourier transform (FFT) section 210, a channel compensation section

212, a parallel/serial conversion (P/S) section 214, a despreading section 216, a reception power detection section 218, an ON/OFF information generation section 220 and a transmission RF section 222. The receiver 200 is mounted, for example, on a mobile station apparatus in a mobile communication system.

[0057] The transmitter 100 and the receiver 200 constitute, for example, an MC-CDMA-based transmitter/receiver.

[0058] Here, the details of the MC-CDMA system will be explained using FIG. 4 and FIG. 5.

[0059] According to the MC-CDMA system, a signal is transmitted, divided into a plurality (e.g., 512) of carriers (subcarriers). More specifically, a transmission signal is spread in the frequency axis direction using a spreading code and code-multiplexed first. The code-multiplexed signal is serial/parallel-converted to parallel signals corresponding in number to the subcarriers. FIG. 4 shows a state of an OFDM signal to be transmitted (n: number of subcarriers). In the same figure, "1" denotes a guard interval, "3" denotes a chip, "5" denotes an OFDM symbol. In the example of FIG. 4, 4-symbol data is transmitted, spread n times. Each symbol is spread into n chips in the frequency axis direction. By the way, the number of subcarriers need not always coincide with the number of spreading codes. Furthermore, though not shown, the OFDM signal is provided with pilot signals (known signals) for each subcarrier.

[0060] Furthermore, according to the MC-CDMA system, each subcarrier is OFDM-modulated to become an orthogonal signal. Parallel signals after serial/parallel conversion are transmitted after being subjected to IFFT processing. Through the IFFT processing, the OFDM signal can maintain a state in which signals are orthogonal to one another among subcarriers as shown in FIG. 5. Here, that a signal is orthogonal means that a spectrum of a subcarrier signal does not affect other signals having different frequencies. When an OFDM modulation is performed, a guard interval is inserted into the OFDM symbol. With the guard interval inserted, it is possible to maintain orthogonality when only delay signals shorter than the guard interval exist.

[0061] Then, operations of the transmitter 100 and receiver 200 in the above-described configurations will be explained using FIG. 6A and FIG. 6B. FIG. 6A and FIG. 6B illustrate a subcarrier transmission ON/OFF control system according to this embodiment, which correspond to FIG. 2A and FIG. 2B showing a conventional subcarrier transmission ON/OFF control system (conventional system 2).

[0062] First, the spreading section 102 of the transmitter 100 spreads data symbols using their specific spreading codes with a spreading factor N in the frequency axis direction. The spread signal is output to the S/P section 104.

[0063] The S/P section 104 serial/parallel-converts the spread signal (serial signal) to parallel signals corresponding in number to the subcarriers and outputs the parallel signals obtained to the transmission control section 106.

[0064] The transmission control section 106 controls transmission ON/OFF of each subcarrier so that subcarriers with transmission OFF designation selected by the carrier selection section 124 (that is, subcarrier to which no transmit power is assigned) are not transmitted and the power control

section **108** receives the control result from the transmission control section **106** and controls transmit power of each subcarrier so that a total power of subcarriers to be transmitted (transmit power) becomes equal to normal transmit power. That is, transmit power corresponding to subcarriers with transmission OFF designation with no transmit power assigned is assigned to subcarriers with transmission ON designation with transmit power assigned. At this time, assuming that P subcarriers among N subcarriers are not transmitted, transmit power of each subcarrier to be transmitted becomes, when equipartitioned, for example,  $N/(N-P)$  times normal transmit power (see FIG. 6B, for example). This causes the sum total of transmit power for all chips per one symbol to become equal to that in the case where transmission ON/OFF control is not carried out on each subcarrier, making it possible to avoid deterioration of the information transmission efficiency. The signal whose transmit power is controlled is output to the IFFT section **110**.

[0065] The IFFT section **110** subjects the transmit-power-controlled signal to an inverse fast Fourier transform (IFFT), converts it from a frequency domain to a time domain and outputs it to the P/S section **112**.

[0066] The P/S section **112** parallel/serial-converts the parallel signals after the IFFT processing and outputs the serial signal obtained to the GI insertion section **114**.

[0067] The GI insertion section **114** inserts guard intervals into the output signal of the P/S section **112** to improve the characteristic against delays.

[0068] The signal after the guard intervals are inserted is subjected to predetermined radio processing such as up-conversion by the transmission RF section **116** and sent by radio from the antenna **118**.

[0069] Then, the receiver **200** receives the signal sent by radio from the transmitter **100** through the antenna **202** and outputs the received signal to the reception RF section **204**.

[0070] The reception RF section **204** applies predetermined radio processing such as down-conversion to the signal received through the antenna **202**. The output signal (baseband signal) of the reception RF section **204** is output to the GI elimination section **206**.

[0071] The GI elimination section **206** eliminates guard intervals from the output signal (baseband signal) of the reception RF section **204** and outputs the signal to the S/P section **208**.

[0072] The S/P section **208** serial/parallel-converts the output signal (serial signal) of the GI elimination section **206** to parallel signals corresponding in number to the subcarriers and outputs the parallel signals to the FFT section **210**.

[0073] The FFT section **210** subjects the output signals of the S/P section **208** to fast Fourier transform (FFT), converts the signals from a time domain to a frequency domain (that is, converts them to components for their respective subcarriers) and then outputs the signals to the channel compensation section **212** and reception power detection section **218**.

[0074] At this time, the channel compensation section **212** estimates a channel based on pilot signals (known signals) included in the received signals and compensates the chan-

nel based on this estimated value. The signal after the channel compensation is output to the P/S section **214**.

[0075] The P/S section **214** parallel/serial-converts the signals (parallel signals) after the channel compensation to a serial signal and outputs the serial signal obtained to the despreading section **216**.

[0076] The despreading section **216** despreads the output signals of the P/S section **214** with the same specific spreading code as that on the transmitting side and obtains desired reception data.

[0077] On the other hand, the reception power detection section **218** receives the output signal of the FFT section **210** and detects the reception levels (reception power here) of pilot signals for each subcarrier signal. The detection result of the reception power detection section **218** is output to the ON/OFF information generation section **220** as reception quality information of each subcarrier.

[0078] The ON/OFF information generation section **220** generates information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not based on the detection result of the reception power detection section **218**, that is, transmission ON/OFF information for each subcarrier. More specifically, when, for example, one symbol is spread over N subcarriers with a spreading factor N in the frequency axis direction, the ON/OFF information generation section **220** selects P subcarriers of relatively low reception quality from among the N subcarriers and sets them to transmission OFF. Here, P denotes the number of subcarriers not to be transmitted with no transmit power assigned and is a preset value. That is, in this case, the number of subcarriers (P) to be set to transmission OFF is preset and P subcarriers of lower reception quality are selected from among the N-chip signals obtained by spreading one symbol with a spreading factor N and set to transmission OFF. This ensures that (N-P) subcarriers per symbol are sent, making it possible to eliminate symbols to be completely set to transmission OFF and thereby efficiently transmit information while keeping the number of transmission bits constant.

[0079] Thus, this embodiment selects subcarriers of relatively low reception quality. For example, in the example shown in FIG. 6A, subcarrier #11 is set to transmission OFF though it has better reception quality than subcarrier #28. This is because two subcarriers (P=2) with low reception levels are selected to be set to transmission OFF from among subcarriers #9 to #16 (N=8) which make up the second symbol.

[0080] In this case, the value of P is set to a value that satisfies the following Expression 1:

$$2^{(N-P-1)} \geq N \quad (\text{Expression 1})$$

[0081] This allows (N-P) subcarriers to combine N or more types of spreading codes, prevents signals spread by different spreading codes from having the same waveform and ensures that the receiving side separates signals with different spreading codes.

[0082] For example, in the case of quadruple spreading (N=4) P that satisfies,  $2^{(4-P-1)} \geq 4$  is P<2, and therefore P=1, which means that only one subcarrier can be set to transmission OFF.

[0083] More specifically, in the case of quadruple spreading, suppose two subcarriers are set to transmission OFF. At

this time, there are four codes 1111, 1100, 1001 and 1010 in quadruple spreading, but if two subcarriers are set to transmission OFF, these four codes become --11, --001 --01 and --10, respectively. Thus, a signal obtained by spreading signal "1" using code 1 and another signal obtained by spreading signal "0" using code 2 become completely the same transmission signal and the receiving side cannot separate them.

[0084] On the other hand, in the case of quadruple spreading, suppose only one subcarrier is set to transmission OFF. At this time, there are four codes 1111, 1100, 1001 and 1010 in quadruple spreading, but if one subcarrier is set to transmission OFF, these four codes become -111, -100, -001 and -010, respectively. Thus, none of a total of 8 codes which include these 4 codes plus 4 codes -000, -011, -110 and -101 obtained by inverting these 4 codes coincides with any of other codes, which prevents data with different spreading codes from becoming the same signal during spreading. Therefore, when  $N=4$ ,  $P<2$  is the essential condition.

[0085] The output signal of the ON/OFF information generation section 220 (transmission ON/OFF information for each subcarrier) is subjected to predetermined radio processing such as up-conversion by the transmission RF section 222 and then sent by radio from the antenna 202.

[0086] Then, the transmitter 100 receives the signal sent by radio from the receiver 200 through the antenna 118 and outputs the signal to the reception RF section 120.

[0087] The reception RF section 120 applies predetermined radio processing such as down-conversion to the signal received through the antenna 118. The output signal (baseband signal) of the reception RF section 120 is output to the ON/OFF information extraction section 122.

[0088] The ON/OFF information extraction section 122 extracts transmission ON/OFF information for each subcarrier sent from the receiver 200 and notifies it to the carrier selection section 124.

[0089] Thus, this embodiment based on an MC-CDMA system does not carry out transmission through subcarriers of low reception quality, with no transmit power assigned (transmission OFF), assigns the corresponding transmit power to subcarriers with transmit power assigned (transmission ON), sends the subcarriers so that the total transmit power of the transmitter 100 becomes constant (see FIG. 6A and FIG. 6B), and can thereby improve the information transmission efficiency and reception performance while keeping the number of transmission bits constant.

[0090] By the way, in this embodiment, the receiver 200 decides transmission ON/OFF information for each subcarrier and requests the transmitter 100 for the transmission ON/OFF information, but the present invention is not limited to this. The present invention may also be adapted so that the receiver reports reception quality information of each subcarrier to the transmitter and the transmitter decides transmission ON/OFF information for each subcarrier. In this case, the transmitter decides transmission ON/OFF information for each subcarrier, and therefore it is possible to reduce the amount of calculation at the receiver. When the receiver decides transmission ON/OFF information for each subcarrier as in the case of this embodiment, the transmission ON/OFF information for each subcarrier has a smaller

amount of information than the reception quality information of each subcarrier, and therefore it is possible to reduce the amount of information from the receiver to the transmitter.

[0091] Furthermore, taking advantage of the fact that delay profiles of the uplink and downlink are almost the same, it is also possible to adapt the present invention so that the transmitter estimates the reception quality information of each subcarrier for transmission ON/OFF control using the delay profile information of the signal received from the receiver and decides transmission ON/OFF information for each subcarrier. In this case, there is no need for a feedback signal (transmission ON/OFF information for each subcarrier or reception quality information of each subcarrier) from the receiver to the transmitter and the transmitter alone can decide transmission ON/OFF information for each subcarrier.

[0092] Furthermore, according to this embodiment, the P value used by the ON/OFF information generation section 220 of the receiver 200 is preset, but the present invention is not limited to this. For example, the P value may also be changed adaptively. In this case, the P value may be set to an optimum value according to the transmission environment. Furthermore, the P value may also be sent from the transmitter to the receiver. In this case, the receiver can recognize that the power of the subcarrier sent is multiplied by  $N/(N-P)$  times, and therefore the receiver can recognize a reference level for QAM demodulation, etc., and thereby perform QAM demodulation.

[0093] Furthermore, according to this embodiment, the transmitter 100 is mounted on the base station, while the receiver 200 is mounted on the mobile station, but the present invention is not limited to this. For example, the transmitter 100 may also be mounted on the mobile station, while the receiver 200 may be mounted on the base station.

[0094] Furthermore, this embodiment has described the case where the present invention is applied to the MC-CDMA system, but the present invention is not limited to this and the present invention is also applicable to any multicarrier modulation system combined with a CDMA system.

[0095] (Embodiment 2)

[0096] FIG. 7 is a block diagram showing configurations of a multicarrier transmission apparatus and a multicarrier reception apparatus according to Embodiment 2 of the present invention. The multicarrier transmission apparatus (transmitter) 300 and multicarrier reception apparatus (receiver) 400 have the same basic configurations as those of the multicarrier transmission apparatus (transmitter) 100 and multicarrier reception apparatus (receiver) 200 shown in FIG. 3, and therefore the same components are assigned the same reference numerals and explanations thereof will be omitted.

[0097] A feature of this embodiment consists in subcarrier transmit power control opposite the conventional system 1 (referred to "subcarrier reverse transmit power control" here), or more particularly, for example, this embodiment based on an MC-CDMA system carries out transmission according to a reception level of each subcarrier at the receiver 400 with subcarriers with higher reception levels assigned greater transmit power and subcarriers with lower

reception levels assigned smaller transmit power. For this purpose, the transmitter **300** is provided with a transmit power control section **108a**, a reception power information extraction section **302** and a transmit power decision section **304**, and the receiver **400** is provided with a reception power information generation section **402**.

[0098] Here, the transmitter **300** and the receiver **400** also constitute an MC-CDMA-based transmitter/receiver. Furthermore, for example, the transmitter **300** is mounted on a base station in a mobile communication system, while the receiver **400** is mounted on a mobile station apparatus in a mobile communication system.

[0099] Then, characteristic operations of the transmitter **300** and the receiver **400** will be explained using FIG. 8A and FIG. 8B. FIG. 8A and FIG. 8B illustrate a subcarrier reverse transmit power control system applied to this embodiment.

[0100] The transmit power control section **108a** of the transmitter **300** controls transmit power of each subcarrier according to a notification from the receiver **400** so that subcarriers with greater reception power (that is, higher reception levels) are sent with greater transmit power and subcarriers with smaller reception power (that is, lower reception levels) are sent with smaller transmit power (see FIG. 8A and FIG. 8B). More specifically, assuming that reception power of a subcarrier #k is  $H_k$ , the transmit power of the subcarrier #k is set to power proportional to the reception power  $H_k$  so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol becomes constant. At this time, the reception power information extraction section **302** extracts reception power information for each subcarrier sent from the receiver **400** and notifies it to the transmit power decision section **304**, and the transmit power decision section **304** decides transmit power of each subcarrier based on the reception power information for each subcarrier and instructs it to the transmit power control section **108a**.

[0101] By the way, in order to compensate for power variations in a propagation path (see FIG. 1C), the conventional system controls transmit power of subcarriers so that the transmit power becomes  $1/H_k$  times, that is, a reciprocal of the reception power  $H_k$  (see FIG. 1A and FIG. 1B).

[0102] On the other hand, the reception power detection section **218** of the receiver **400** receives the output signal of the FFT section **210**, detects the reception level of a pilot signal (here, reception power) and then outputs it to the reception power information generation section **402**.

[0103] The reception power information generation section **402** generates reception power information for each subcarrier based on the detection result of the reception power detection section **218**. More specifically, assuming that the reception power of a subcarrier #k is  $H_k$ , the value of this  $H_k$  is notified to the transmitter **300** as the reception power information.

[0104] At this time, it is also possible to normalize the reception power over a one-symbol section and notify information indicating a state of relative power in the one-symbol section. That is, assuming that a spreading factor is N, the normalized power information  $H_{k\text{norm}}$  is given by the following Expression 2:

$$H_{k\text{norm}} = \frac{H_k}{\left( \sum_{k=1}^N H_k \right)} \quad (\text{Expression 2})$$

[0105] This can reduce the dynamic range of notification information. It also allows the transmitter **300** to keep constant a total value of transmit power of all subcarriers that make up a certain one symbol.

[0106] Thus, this embodiment based on an MC-CDMA carries out transmission according to the reception levels (reception power) of subcarriers of the receiver **400**, with greater transmit power assigned to subcarriers with greater reception power and smaller transmit power assigned to subcarriers with smaller reception power so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol becomes constant, and can thereby control total transmit power per one symbol to a normal level, receive signals efficiently amplified in a propagation path and improve the information transmission efficiency and reception performance.

[0107] For example, when the system corresponding to this embodiment shown in FIG. 9A to FIG. 9C is compared to the conventional system shown in FIG. 1A to FIG. 1C, even if the transmit power remains the same (see FIG. 9B and FIG. 1B) for the same reception level information (see FIG. 9A and FIG. 1A), this embodiment can provide greater total reception power than that of the conventional system shown in FIG. 1C as shown in FIG. 9C.

[0108] By the way, this embodiment has described subcarrier reverse transmit power control based on an MC-CDMA system, but the system to which subcarrier reverse transmit power control is applicable is not limited to this. For example, the subcarrier reverse transmit power control is also applicable to any multicarrier modulation system combined with a CDMA system and the subcarrier reverse transmit power control is further applicable to a simple OFDM system, too.

[0109] As described above, the present invention can implement a subcarrier transmission ON/OFF control system based on an MC-CDMA system capable of improving information transmission efficiency and reception performance while keeping the number of transmission bits constant.

[0110] Furthermore, the present invention can also implement a subcarrier reverse transmit power control system based on an MC-CDMA system capable of improving information transmission efficiency and reception performance.

[0111] Furthermore, the present invention can also implement a subcarrier reverse transmit power control system based on an OFDM system capable of improving information transmission efficiency and reception performance.

[0112] This application is based on the Japanese Patent Application No. 2001-214545 filed on Jul. 13, 2001, entire content of which is expressly incorporated by reference herein.

**[0113] Industrial Applicability**

**[0114]** The present invention is applicable to a multicarrier transmission apparatus and multicarrier reception apparatus to be mounted on a mobile station apparatus and base station apparatus, etc., in a mobile communication system.

What is claimed is:

1. A multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, comprising:

an acquisition section that acquires assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not; and

an assignment section that assigns transmit power for subcarriers with no transmit power assigned, to subcarriers with transmit power assigned, based on the assignment presence/absence information acquired by said acquisition section.

2. A multicarrier transmission apparatus according to claim 1, wherein said acquisition section performs said assignment so that the total data transmit power is kept constant.

3. A multicarrier transmission apparatus according to claim 1, wherein subcarriers with no transmit power assigned are a preset number (P) of subcarriers of relatively low reception quality for each symbol among subcarriers to which signals of chips corresponding in number (N) to a predetermined spreading factor (N) are respectively assigned obtained by spreading each symbol with said predetermined spreading factor in the frequency axis direction and the subcarriers with transmit power assigned are transmitted with transmit power multiplied by  $N/(N-P)$  times.

4. A multicarrier transmission apparatus according to claim 3, wherein the number (P) per one symbol of subcarriers with no transmit power assigned is adaptively changeable.

5. A multicarrier transmission apparatus according to claim 3, wherein the number (P) per one symbol of subcarriers with no transmit power assigned is set to a value that satisfies the following expression:

$$2^{(N-P-1)} \geq N$$

6. A multicarrier transmission apparatus according to claim 1, wherein said acquisition section comprising:

a reception section that receives reception quality information on the reception quality of each subcarrier estimated on the receiving side; and

a decision section that decides said assignment presence/absence information based on the reception quality information received by said reception section.

7. A multicarrier transmission apparatus according to claim 1, wherein said acquisition section comprises a reception section that receives said assignment presence/absence information decided on the receiving side.

8. A multicarrier transmission apparatus according to claim 1, wherein said acquisition section comprising:

a first estimation section that estimates a delay profile of a received signal;

a second estimation section that estimates the reception quality information on the reception quality of each subcarrier using the delay profile estimated by said first estimation section; and

a decision section that decides said assignment presence/absence information based on the reception quality information estimated by said second estimation section.

9. A multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with the multicarrier transmission apparatus according to claim 6, comprising:

an estimation section that estimates reception quality information on the reception quality of each subcarrier; and

a transmission section that transmits the reception quality information estimated by said estimation section.

10. A multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus according to claim 7, comprising:

an estimation section that estimates reception quality information on the reception quality of each subcarrier;

a decision section that decides assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not based on the reception quality information estimated by said estimation section; and

a transmission section that transmits the assignment presence/absence information decided by said decision section.

11. A base station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 1.

12. A mobile station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 9.

13. A mobile station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 10.

14. A mobile station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 1.

15. A base station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 9.

16. A base station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 10.

17. A multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, comprising:

an acquisition step of acquiring assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to each subcarrier or not; and

an assignment step of assigning transmit power for subcarriers with no transmit power assigned, to subcarriers with transmit power assigned, based on the assignment presence/absence information acquired in said acquisition step.

18. A multicarrier radio communication method according to claim 17, wherein in said acquisition step, said assignment is carried out so that the total data transmit power is kept constant.

19. A multicarrier radio communication method according to claim 17, wherein subcarriers with no transmit power assigned are a preset number (P) of subcarriers of relatively

low reception quality for each symbol among subcarriers to which signals of chips corresponding in number (N) to a predetermined spreading factor (N) are respectively assigned obtained by spreading each symbol with said predetermined spreading factor in the frequency axis direction and the subcarriers with transmit power assigned are transmitted with transmit power multiplied by  $N/(N-P)$  times.

**20.** A multicarrier radio communication method according to claim 19, wherein the number (P) of subcarriers with no transmit power assigned per one symbol is adaptively changeable.

**21.** A multicarrier radio communication method according to claim 19, wherein the number (P) of subcarriers with no transmit power assigned per one symbol is set to a value that satisfies the following expression:

$$2^{(N-P-1)} \geq N$$

**22.** A multicarrier radio communication method according to claim 17, wherein said acquisition step comprising:

a reception step of receiving reception quality information on the reception quality of each subcarrier estimated on the receiving side; and

a decision step of deciding said assignment presence/absence information based on the reception quality information received in said reception step.

**23.** A multicarrier radio communication method according to claim 17, wherein said acquisition step comprises a reception step of receiving said assignment presence/absence information decided on the receiving side.

**24.** A multicarrier radio communication method according to claim 17, wherein said acquisition step comprising:

a first estimation step of estimating a delay profile of a received signal;

a second estimation step of estimating the reception quality information on the reception quality of each subcarrier using the delay profile estimated in said first estimation step; and

a decision step of deciding said assignment presence/absence information based on the reception quality information estimated in said second estimating step.

**25.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using a multicarrier radio communication method according to claim 22, comprising:

an estimation step of estimating reception quality information on the reception quality of each subcarrier; and

a transmission step of transmitting the reception quality information estimated in said estimation step.

**26.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using a multicarrier radio communication method according to claim 23, comprising:

an estimation step of estimating reception quality information on the reception quality of each subcarrier;

a decision step of deciding assignment presence/absence information on whether transmit power is assigned to

each subcarrier or not based on the reception quality information estimated in said estimation step; and

a transmission step of transmitting the assignment presence/absence information decided in said decision step.

**27.** A multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, comprising:

an acquisition section that acquires reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side; and

a control section that controls transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired by said acquisition section so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**28.** A multicarrier transmission apparatus according to claim 27, wherein said control section carries out said subcarrier transmit power control so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol is kept constant.

**29.** A multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus according to claim 27, comprising:

a detection section that detects reception level information on a reception level of each subcarrier; and

a transmission section that transmits the reception quality information detected by said detection section.

**30.** A base station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 27.

**31.** A mobile station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 29.

**32.** A mobile station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 27.

**33.** A base station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 29.

**34.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication by spreading signals in a frequency axis direction, comprising:

an acquisition step of acquiring reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side; and

a control step of controlling transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired in said acquisition step so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**35.** A multicarrier radio communication method according to claim 34, wherein in said control step, said subcarrier transmit power control is carried out so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol is kept constant.

**36.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using a multicarrier radio communication method according to claim 34, comprising:

a detection step of detecting reception level information on a reception level of each subcarrier; and

a transmission step of transmitting the reception quality information detected in said detection step.

**37.** A multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication based on an OFDM system, comprising:

an acquisition section that acquires reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side; and

a control section that controls transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired by said acquisition section so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**38.** A multicarrier transmission apparatus according to claim 37, wherein said control section carries out said subcarrier transmit power control so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol is kept constant.

**39.** A multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus according to claim 37, comprising:

a detection section that detects reception level information on a reception level of each subcarrier; and

a transmission section that transmits the reception quality information detected by said detection section.

**40.** A base station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 37.

**41.** A mobile station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 39.

**42.** A mobile station apparatus comprising a multicarrier transmission apparatus according to claim 37.

**43.** A base station apparatus comprising a multicarrier reception apparatus according to claim 39.

**44.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier transmission apparatus that carries out radio communication based on an OFDM system, comprising:

an acquisition step of acquiring reception level information on a reception level of each subcarrier on the receiving side; and

a control step of controlling transmit power of each subcarrier based on the reception level information acquired in said acquisition step so that subcarriers with higher reception levels have greater transmit power and subcarriers with lower reception levels have smaller transmit power.

**45.** A multicarrier radio communication method according to claim 44, wherein in said control step, said subcarrier transmit power control is carried out so that a total value of transmit power of all subcarriers per one symbol is kept constant.

**46.** A multicarrier radio communication method for a multicarrier reception apparatus that carries out radio communication with a multicarrier transmission apparatus using a multicarrier radio communication method according to claim 44, comprising:

a detection step of detecting reception level information on a reception level of each subcarrier; and

a transmission step of transmitting the reception quality information detected in said detection step.

\* \* \* \* \*